



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**AUTORES: GRANDA SÁNCHEZ YANDRY VICENTE**

**TEMA: REINGENIERÍA APLICADA DE UN VEHÍCULO TIPO GO KART DE 384 W  
CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS  
ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS**

**DIRECTOR: ING. GUTIÉRREZ ROBERTO.**

**CODIRECTOR: ING. GUASUMBA JOSÉ MSC.**

**SANGOLQUÍ, DICIEMBRE 2014**

## CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Certificamos que el proyecto de grado titulado “REINGENIERÍA APLICADA DE UN VEHÍCULO TIPO GO KART DE 384 W CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS” fue realizado en su totalidad por el señor Yandry Vicente Granda Sánchez, como requerimiento parcial para la obtención de título de Ingeniero Mecánico.

.....  
Ing. Roberto Gutiérrez  
DIRECTOR

.....  
Ing. José Guasumba Msc.  
CODIRECTOR

Sangolquí, Diciembre del 2014

## AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Yandry Vicente Granda Sánchez, declaro bajo juramento que el contenido de la presente tesis, es de mi autoría; no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional.

.....  
Yandry Vicente Granda Sánchez  
C.I: 1104541667

Sangolquí, Diciembre del 2014

## AUTORIZACIÓN

**YO, YANDRY VICENTE GRANDA SÁNCHEZ.**

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del proyecto de grado titulado, **“REINGENIERÍA APLICADA DE UN VEHÍCULO TIPO GO KART DE 384 W CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS”**

.....

Yandry Vicente Granda Sánchez

C.I: 1104541667

Sangolquí, Diciembre del 2014

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios y a la Virgen del Cisne, que me han llevado por el camino del bien y me dieron unos padres tan buenos y sabios.

A mi madre, Anita, que sin su apoyo, paciencia y amor no habría sido nada posible en mi vida. Por haberme guiado con sus consejos y ejemplo para poder ser una buena persona y servicial con Dios.

A mi padre Marco, que Dios lo tenga en su gloria, por haberme apoyado en todas las decisiones que tomé. Y que con sus consejos y su ejemplo supo guiarme diariamente para poder ser una persona buena y servicial con el prójimo.

A mis cuatro hermanos que han sido las personas que me han dado la fuerza y ejemplo, además de apoyarme de una u otra forma para poder salir adelante.

A mi esposa Elizabeth, por haberme ayudado y seguir ayudándome a cumplir mis metas, por aceptar las decisiones más buenas que malas que he tomado desde que la conocí y por el amor que me ha brindado.

A mis hijos Marco Y Leonel, por ser el motivo de salir adelante, por sus travesuras y ocurrencias que me hacen más feliz, por el amor que me tienen y hacerme papá.

A toda mi familia, a mis compañeros, amigos y a todas las personas que me han apoyado en este trabajo.

Gracias por su apoyo, este trabajo es por todos ustedes y para todos ustedes.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios sobre todo y a mi familia.

Agradezco a mi director de tesis el Ing. Roberto Gutiérrez y mi codirector Ing. José Guasumba, por su apoyo y tiempo prestado al proyecto proyecto.

A todas las personas que directa e indirectamente me han apoyado en el desarrollo de esta tesis.

**INDICE DE CONTENIDO**

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	I
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	II
AUTORIZACIÓN .....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
RESUMEN .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
INTRODUCCIÓN .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b> V

## INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3 OBJETIVOS .....	2
1.3.1 GENERAL.....	2
1.3.2 ESPECÍFICOS.....	3
1.4 ALCANCE DEL PROYECTO .....	3
1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO .....	3
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS.....	5
2.1.1 CONCEPTOS BÁSICOS .....	7
2.1.2 TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS .....	14
2.1.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS A UTILIZAR .....	17
2.1.4 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS .....	19
2.1.5 SUBSISTEMAS .....	20
2.2 ACCIONAMIENTO DE VEHÍCULOS CON PROPULSIÓN SOLAR.....	21
2.3 VENTAJA DE VEHÍCULOS ACCIONADOS CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	25
CAPÍTULO 3: DISEÑO MECÁNICO.....	26
3.1 PROTECCIÓN ANTIVUELCO.....	26
3.2 CHASIS .....	31

3.3 ESTRUCTURA PARA EL SOPORTE DE LOS PANELES FOTVOLTAICOS.....	41
3.4 ERGONÓMICA DEL ASIENTO DEL CONDUCTOR.....	43
CAPÍTULO 4: DISEÑO ELÉCTRICO.....	46
4.1 ILUMINACIÓN AUTOMOTRÍZ.....	46
4.2 SISTEMA DE CONEXIÓN PANELES-MOTOR.....	52
4.3 MOTOR ELÉCTRICO.....	54
CAPÍTULO 5: FABRICACIÓN DE LA PROTECCIÓN ANTIVUELCO, CHASIS, ESTRUCTURA DE SOPORTE DE PANELES SOLARES Y ESTRUCTURA ERGONÓMICA DEL ASIENTO DEL CONDUCTOR.....	66
5.1 FABRICACIÓN.....	66
5.1.1 FABRICACIÓN DE LAS PARTES.....	68
5.1.2 MONTAJE.....	69
5.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	70
5.2.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	70
5.3 MANTENIMIENTO.....	73
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO.....	76
6.1 COSTOS DIRECTOS.....	77
6.2 COSTOS INDIRECTOS.....	80
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
7.1 CONCLUSIONES.....	84
7.2 RECOMENDACIONES.....	86
BIBLIOGRAFÍA.....	87
ANEXOS.....	89

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Propiedades del acero A36.....	27
Tabla 2 Coeficiente de rodadura.....	57
Tabla 3 Densidad del aire en función de altitud .....	59
Tabla 4 Coeficientes de fricción para rodamientos .....	61
Tabla 5 Simbología usada en diagrama de procesos .....	69
Tabla 6 Control de dimensiones principales .....	71
Tabla 7 Verificación del funcionamiento en vacío .....	72
Tabla 8 Verificación del funcionamiento con carga.....	73
Tabla 9 Costo de la mano de obra.....	77
Tabla 10 Costo del diseño .....	78
Tabla 11 Costo de los materiales.....	78
Tabla 12 Costos directos totales.....	80
Tabla 13 Costos de adquisición de insumos.....	81
Tabla 14 Varios.....	81
Tabla 15 Costos indirectos totales .....	82
Tabla 16 Costo total del proyecto .....	82

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vehículo accionado con energía solar fotovoltaica existente.....	1
Figura 2 Representación gráfica de voltaje de corriente con respecto al tiempo en corriente continua. ....	6
Figura 3 Placas fotovoltaicas .....	8
Figura 4 No existe variación en DC .....	10
Figura 5 La tensión varía en AC .....	11
Figura 6 Paneles de 96W .....	18
Figura 7 Corriente - Voltaje.....	19
Figura 8 Potencia real de un panel .....	19
Figura 9 Subsistemas .....	20
Figura 10 Esquema funcionamiento de vehículo accionado por energía solar .	22
Figura 11 Carga aplicada en la parte superior de la estructura antivuelco .....	28
Figura 12 Restricciones en la parte trasera derecha del chasis .....	28
Figura 13 Restricciones en la parte trasera izquierda del chasis .....	29
Figura 14 Esfuerzo de Von Mises .....	30
Figura 15 Desplazamiento máximo.....	30
Figura 16 Factor de seguridad .....	31
Figura 17 Carga aplicada en la parte frontal del chasis .....	33
Figura 18 Restricción en parte trasera.....	34
Figura 19 Esfuerzo de Von Mises .....	35
Figura 20 Máximo desplazamiento .....	35
Figura 21 Factor de seguridad .....	36
Figura 22 Brazos delanteros con amortiguación independiente .....	37
Figura 23 Brazo delantero .....	37
Figura 24 Primer diseño brazos traseros y tracción mecánica (incompleto).....	38
Figura 25 Primer diseño brazos traseros y tracción mecánica (completo).....	39
Figura 26 Segundo diseño brazos traseros y tracción mecánica, vista superior	40
Figura 27 Segundo diseño brazos traseros y tracción mecánica, perspectiva .	40
Figura 28 Brazo trasero .....	41

Figura 29 Perspectiva de la estructura de soporte de los paneles solares .....	42
Figura 30 Vista 1 del asiento del conductor .....	43
Figura 31 Vista 2 del asiento del conductor .....	44
Figura 32 Control de medida mínima del apoya cabeza del asiento.....	44
Figura 33 Control de medida máxima del ángulo del asiento .....	45
Figura 34 Diagrama de luces de población.....	47
Figura 35 Diagrama de luces de carretera.....	48
Figura 36 Diagrama de luces de freno.....	49
Figura 37 Diagrama de luces de posición.....	50
Figura 38 Vista de luces frontales del Go Kart.....	51
Figura 39 Vista de luces traseras del Go Kart .....	52
Figura 40 Esquema de conexión paneles-motor.....	54
Figura 41 Representación gráfica del 14% de pendiente .....	55
Figura 42 Denominación de neumáticos.....	56
Figura 43 Rendimiento de los subsistemas .....	62

## RESUMEN

Este proyecto consiste en la repotenciación de un vehículo tipo Go Kart que funciona con energía solar fotovoltaica mediante el uso de dos paneles solares conectados en paralelo con el objetivo de que la corriente se sume, los cuales dan una potencia real entre los dos de 192W. La potencia del motor es de  $\frac{1}{4}$  HP que es lo suficiente para que el vehículo alcance una velocidad media de 45 km/hora. En este vehículo se diseñó y fabricó un chasis resistente, protección antivuelco para el piloto, soporte para los paneles, un asiento para el piloto y brazos que permitan una suspensión independiente, junto a todo esto también se fabricó un eje de tracción que está en la parte trasera. Se le instaló llantas de motocicleta para hacerlo muy ligero con rodamientos de rodillos cónicos en las llantas delanteras y rodamientos de bolas en las llantas traseras. Se realizó la construcción de todo el proyecto teniendo unos buenos resultados, lo que se rediseñó fue la parte de la amortiguación trasera junto con el eje de tracción por motivos de desbalanceo y vibración. Se realizó pruebas sin carga y con carga para determinar fallas las mismas que no existieron y quedando el proyecto funcionando. Finalmente se hizo el análisis económico y financiero, el cual indica que el proyecto tiene un costo total de 3889 dólares.

**Palabras clave:** Repotenciación, Go Kart solar, Energía solar fotovoltaica, Potencia, Diseño y construcción.

## ABSTRACT

This project involves the repowering of a representative vehicle Go Kart powered by photovoltaic solar energy by using two solar panels connected in parallel with the aim to join the stream , which give a real power between the two of 192W . Engine power is  $\frac{1}{4}$  HP is enough for the vehicle reaches an average speed of 45 km / hour. This vehicle was designed and fabricated a durable chassis , roll-over protection for the pilot, support panels , a seat for the pilot and arms that allow independent suspension, with all this a drive shaft that is in is also produced rear. It was fitted motorcycle wheels to make it very slightly tapered roller bearings in the front and ball bearing wheels on the rear tires . The construction of the entire project having good results was performed , which was redesigned was the part of the rear shock with the drive shaft for reasons of imbalance and vibration. Testing was performed with no load and load to determine fault them that did not exist and leaving the project running. Finally the economic and financial analysis , which indicates that the project has a total cost of \$ 3,889 was made.

**Keywords : Repowering, Go Kart Solar, solar photovoltaic energy, power, design and construction.**

## INTRODUCCIÓN

Las energías renovables es una opción muy importante para poder cambiar el uso de combustibles fósiles por energía limpia y de menor costo. Por esta razón se decidió incursionar en esta ciencia, construyendo un Go Kart solar que facilite a los estudiantes el estudio de la energía solar y además para una posible participación en una carrera de autos solares. En el capítulo 1 se habla de la definición del problema, justificación y objetivos del proyecto. El principio de funcionamiento y conceptos básicos de los paneles fotovoltaicos, accionamiento de vehículos solares, así como las ventajas de los autos solares se encuentra en el capítulo 2. El diseño de los elementos mecánicos y partes que conforman el Go Kart solar, junto con la simulación y el cálculo de las diferentes partes diseñadas en un software CAD se encuentran en el capítulo 3. En el capítulo 4 se detalla el diseño eléctrico, tal como la iluminación eléctrica, sistema de conexión paneles-motor y cálculos para la potencia del motor eléctrico. En el capítulo 5 se detalla la fabricación de las partes, el montaje y las pruebas de funcionamiento que se realizaron en la ciudad de Sangolquí. Luego se habla del costo total del proyecto, analizando los costos directos e indirectos en el capítulo 6. Finalmente, en el capítulo 7, se encuentran las conclusiones y recomendaciones que se extraen de las principales observaciones del diseño y construcción del Go Kart solar.

## CAPÍTULO 1

### GENERALIDADES

#### 1.1 ANTECEDENTES

Un vehículo accionado con energía solar fotovoltaica fue donado a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Dicho vehículo que podemos ver en la figura 1 presentaba fallas existentes que no permitían un buen funcionamiento.



**Figura 1** Vehículo accionado con energía solar fotovoltaica existente

Entonces tomando como base el vehículo existente surge la necesidad de poner a punto el vehículo accionado con energía solar fotovoltaica que para repotenciarlo y ponerlo a punto se toma como referencia las bases de la competencia de autos accionados con energía solar que se lleva a cabo en el desierto de Atacama en Chile. Además de que el proyecto sirve para estudios de parámetros eléctricos y mecánicos, con este vehículo tenemos la posibilidad de ir a competir en la carrera antes mencionada para permitir que nuestra Universidad pueda representar al Ecuador en una competencia de tan alto nivel.

Otros propósitos de este vehículo, es el de mostrar al mundo tres cosas básicamente, que la energía solar es una fuente muy importante y suficientemente desarrollada para sustituir a los combustibles fósiles, que el transporte terrestre tiene alternativas no contaminantes como el vehículo eléctrico, y crear el interés en el mundo científico por el desarrollo de ambas.

## **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La realización del proyecto, obedece a la necesidad de que en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE se necesita de un vehículo solar que sirva a los estudiantes para fortalecer sus conocimientos. Además este proyecto está encaminado a participar en la carrera de autos solares de Atacama en Chile que se realiza cada año.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 GENERAL**

Realizar la puesta a punto de un vehículo tipo Go Kart accionado con energía solar fotovoltaica, para análisis de los parámetros eléctricos y mecánicos.

### 1.3.2 ESPECÍFICOS

- Determinar el aspecto físico y funcional del Go Kart solar.
- Analizar los parámetros técnicos para modernización.
- Diseñar construir y ensamblar los elementos del Go Kart.
- Realizar pruebas de funcionamiento del vehículo.

### 1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto consiste en diseño, construcción y ensamble de partes a mejorar de un carro solar tipo Go Kart para dejarlo en correcto funcionamiento y al mismo tiempo que permita a los estudiantes la investigación de parámetros eléctricos y mecánicos.

Al disponer de este nuevo equipo didáctico los estudiantes de pre y posgrado tendrán la posibilidad de relacionar la teoría impartida por sus maestros en la práctica, comprendiendo el funcionamiento de un auto eléctrico a partir de la energía solar. Este equipo le ofrecerá al alumno la posibilidad de aprender a interactuar con un auto solar real.

### 1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

#### **Necesidad:**

Actualmente la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE no posee un auto solar que permita tanto a los estudiantes como a los maestros estudiar e investigar parámetros eléctricos y mecánicos basados en el uso de la energía solar.

Por esta razón y debido al gran avance tecnológico que sufre nuestra sociedad, especialmente en energías renovables, la Universidad de las Fuerzas

Armadas ESPE, considera como prioridad la ingeniería inversa, reingeniería y puesta a punto de un carro solar que se encuentra en el laboratorio, al mismo tiempo la investigación de parámetros eléctricos que interfieren en el funcionamiento de dicho carro, con el propósito de unir tanto la instrucción teórica como la práctica, lo que apoyará al desarrollo de habilidades y destrezas en los estudiantes con un alto nivel de conocimiento y de esta manera puedan responder a las exigencias del mundo laboral.

Además, con la terminación de este proyecto, se puede participar en carreras como La Carrera con vehículos solares accionados con Energía Solar Fotovoltaica de Atacama (CSA, Atacama Solar Challenge) en Chile, única en América Latina.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS**

La función de los paneles solares o también llamados placas solares es de convertir la energía que nos brinda el Sol en electricidad.

Cuando fotones de un determinado rango de energía chocan con átomos de ciertos materiales semiconductores como el silicio(material más común de los paneles solares) les ceden su energía produciendo un desplazamiento de electrones que es en definitiva una corriente eléctrica.

##### **Principio teórico de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos**

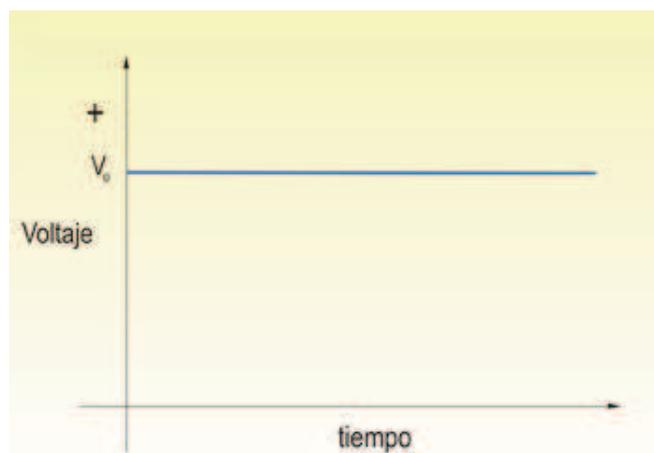
Algunos de los fotones, que provienen de la radiación solar, impactan sobre la primera superficie del panel, penetrando en este y siendo absorbidos por materiales semiconductores, tales como el silicio o el arseniuro de galio.

Los electrones, partículas subatómicas atómicas que forman parte del exterior de los átomos, y que se alojan en orbitales de energía cuantizada, son

golpeados por los fotones (interaccionan) liberándose de los átomos a los que estaban originalmente confinados.

Esto les permite, posteriormente, circular a través del material y producir electricidad. Las cargas positivas complementarias que se crean en los átomos que pierden los electrones, (parecidas a burbujas de carga positiva) se denominan huecos y fluyen en el sentido opuesto al de los electrones, en el panel solar.

Se ha de comentar que, así como el flujo de electrones corresponde a cargas reales, es decir, cargas que están asociadas a desplazamiento real de masa, los huecos, en realidad, son cargas que se pueden considerar virtuales puesto que no implican desplazamiento de masa real.



**Figura 2** Representación gráfica de voltaje de corriente con respecto al tiempo en corriente continua.

**Fuente:** (Kaprak, 2008)

Los paneles solares transforman la energía solar en una determinada cantidad de corriente continua, también denominada DC. Adicionalmente la

corriente continua se lleva a un circuito electrónico conversor (inversor) que transforma la corriente continua en corriente alterna (AC).

### **2.1.1 CONCEPTOS BÁSICOS**

#### **Vehículo solar**

La historia de los autos solares se remonta a 1982, cuando un visionario aventurero australiano, de origen danés, Hans Tholstrup, y el piloto de carreras Larry Perkins, construyeron y manejaron el primer auto solar, el “BP Quiet Achiever” desde Perth hasta Sidney. Cruzar Australia de oeste a este por un total de 4058 Km. tomó 20 días con un promedio de velocidad de 23 km/h.

Un vehículo solar es un vehículo propulsado por un motor eléctrico (vehículo eléctrico) alimentado por energía solar fotovoltaica obtenida de paneles solares en la superficie del automóvil, lo que los diferencia de los vehículos de carga solar, en los que se emplea electricidad renovable que obtenida fuera del vehículo. Las celdas fotovoltaicas convierten la energía del sol directamente a electricidad, que puede o bien ser almacenada en baterías eléctricas o utilizada directamente por el motor.

A diferencia de los vehículos de carga solar, los automóviles solares no son actualmente una forma de transporte práctica. Aunque pueden operar por distancias limitadas sin el sol, las celdas son generalmente muy frágiles. Además, los equipos de desarrollo han enfocado sus esfuerzos hacia la optimización de la funcionalidad del vehículo, preocupándose poco por la comodidad del pasajero. La mayoría de automóviles solares sólo tienen espacio para una o dos personas.

Los automóviles solares compiten en carreras (a menudo llamadas rayces) como la World Solar Challenge y la American Solar Challenge. Estos eventos son a menudo apoyados por agencias gubernamentales, como el Departamento de Energía de Estados Unidos, que se ocupa de promover el desarrollo de

métodos de propulsión alternativa. En estas competiciones participan a menudo universidades para mejorar las habilidades de sus estudiantes, aunque también han participado muchos equipos profesionales, incluyendo equipos de General Motors y Honda.

La General Motors (Johan, 2012), después de haber ganado el World Solar Challenge en 1987 con su extraordinario automóvil solar, el “Sunraycer”, decidió diseñar y construir con miras comerciales, uno de los autos eléctricos más prometedores; el “EV1”. Este automóvil es capaz de desarrollar velocidades de 160 km/h y tiene una autonomía de 190 km a un velocidad de 90 km/h.

### **Paneles solares**

Los paneles están formados por muchas celdas o células solares. Una celda solar es una pequeña placa que suele estar hecha de silicio cristalino que por su composición convierte la luz del Sol en electricidad o Energía Solar Fotovoltaica.



**Figura 3** Placas fotovoltaicas

**Fuente:** (Italo, 2005)

El término Fotovoltaico es igual a decir luz-electricidad. Entonces, si una celda solar convierte la energía del Sol en electricidad, una placa solar convierte mucha más energía en electricidad que una sola celda solar.

### **Energía solar**

Es la energía en forma de radiación y que depende de la frecuencia de los fotones.

### **Corriente continua**

Es el flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, que no cambia de sentido con el tiempo. Un ejemplo de algo que genera este tipo de corriente es una pila, si esta pila es de 12 voltios, todo los receptores que se conecten a la pila estarán siempre a 12 voltios (a no ser que la pila este gastada). Además al conectar el receptor (una lámpara por ejemplo) la corriente que circula por el circuito es siempre constante (mismo número de electrones), y no varía de dirección de circulación, siempre va en la misma dirección, es por eso que siempre el polo + y el negativo son siempre los mismos. Luego en corriente continua o corriente DC la tensión siempre es la misma y la Intensidad de corriente también. La siguiente gráfica indica que no existe variación en este tipo de corriente.



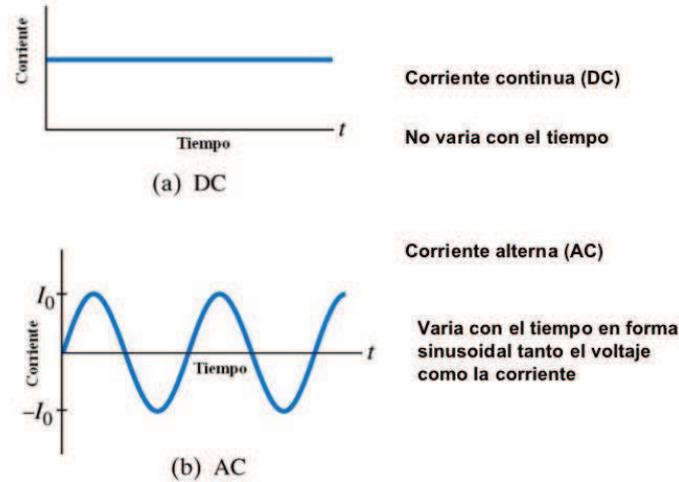
**Figura 4** No existe variación en DC

**Fuente:** (Paco, 2003)

### **Corriente alterna**

Este tipo de corriente es producida por los alternadores y es la que se genera en las centrales eléctricas. La corriente que usamos en las viviendas es corriente alterna (enchufes). En este tipo de corriente la intensidad varía con el tiempo (número de electrones), además cambia de sentido de circulación a razón de 50 veces por segundo (frecuencia 50Hz). Según esto también la tensión generada entre los dos bornes (polos) varía con el tiempo en forma de onda senoidal, no es constante. La siguiente gráfica(b) de la tensión en corriente alterna indica que no es constante.

# Corrientes



**Figura 5** La tensión varía en AC

**Fuente:** (Salazar G. , 2008)

## Fotogeneración de portadores de carga

Cuando un fotón llega a una pieza de silicio, pueden ocurrir tres acontecimientos:

1. El fotón puede pasar a través del material de silicio sin producir ningún efecto; esto ocurre, generalmente, para fotones de baja energía.
2. Los fotones pueden ser reflejados al llegar a la superficie del panel, y son expulsados de este.
3. El fotón es absorbido por el silicio, en cuyo caso puede ocurrir:
  - Generar calor
  - Producir pares de electrones-huecos, si la energía del fotón incidente es más alta que la mínima necesaria para que los electrones liberados lleguen a la banda de conducción.

El enlace covalente del cual formaba parte el electrón, tiene ahora un electrón menos. Esto se conoce como hueco. La presencia de un enlace covalente perdido permite a los electrones vecinos moverse hacia el interior de ese hueco, que producirá un nuevo hueco al desplazarse el electrón de al lado, y de esta manera, y por un efecto de traslaciones sucesivas, un hueco puede desplazarse a través de la red cristalina. Así pues, se puede afirmar que los fotones absorbidos por el semiconductor crean pares móviles de electrones-huecos.

### **Generación de corriente en una placa convencional**

Cada célula fotovoltaica está compuesta de, al menos, dos delgadas láminas de silicio. Una dopada con elementos con menos electrones de valencia que el silicio, denominada P y otra con elementos con más electrones que los átomos de silicio, denominada N.

Aquellos fotones procedentes de la fuente luminosa, que presentan energía adecuada, inciden sobre la superficie de la capa P, y al interactuar con el material liberan electrones de los átomos de silicio los cuales, en movimiento, atraviesan la capa de semiconductor, pero no pueden volver. La capa N adquiere una diferencia de potencial respecto a la P. Si se conectan unos conductores eléctricos a ambas capas y estos, a su vez, se unen a un dispositivo o elemento eléctrico consumidor de energía que, usualmente y de forma genérica se denomina carga, se iniciará una corriente eléctrica continua.

Este tipo de paneles producen electricidad en corriente continua y aunque su efectividad depende tanto de su orientación hacia el sol como de su inclinación con respecto a la horizontal, se suelen montar instalaciones de paneles con orientación e inclinación fija, por ahorros en mantenimiento. Tanto la inclinación como la orientación, al sur, se fija dependiendo de la latitud y tratando de optimizarla al máximo usando las recomendaciones de la norma ISO correspondiente.

## La unión p-n

La célula solar más usual está fabricada en silicio y configurada como un gran área de unión p-n. Una simplificación de este tipo de placas puede considerarse como una capa de silicio de tipo n directamente en contacto con una capa de silicio de tipo p. En la práctica, las uniones p-n de las células solares, no están hechas de la manera anterior, más bien, se elaboran por difusión de un tipo de dopante en una de las caras de una oblea de tipo p, o viceversa.

Si la pieza de silicio de tipo p es ubicada en íntimo contacto con una pieza de silicio de tipo n, tiene lugar la difusión de electrones de la región con altas concentraciones de electrones (la cara de tipo n de la unión) hacia la región de bajas concentraciones de electrones (cara tipo p de la unión).

Cuando los electrones se difunden a través de la unión p-n, se recombinan con los huecos de la cara de tipo p. Sin embargo, la difusión de los portadores no continúa indefinidamente. Esta separación de cargas, que la propia difusión crea, genera un campo eléctrico provocado por el desequilibrio de las cargas parando, inmediatamente, el flujo posterior de más cargas a través de la unión.

El campo eléctrico establecido a través de la creación de la unión p-n crea un diodo que permite el flujo de corriente en un solo sentido a través de dicha unión. Los electrones pueden pasar del lado de tipo p hacia el interior del lado n, y los huecos pueden pasar del lado de tipo n hacia el lado de tipo p. Esta región donde los electrones se han difundido en la unión se llama región de agotamiento porque no contiene nada más que algunos portadores de carga móviles. Es también conocida como la región de espacio de cargas.

## 2.1.2 TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Existen dos tipos de **paneles solares**: los **paneles solares fotovoltaicos** que generan electricidad por reacciones químicas y los **paneles solares térmicos**, aquellos que utilizan la **energía del sol para calentar agua**, y permiten utilizar el agua caliente para la obtención de energía o para su uso doméstico.

Los paneles (SAC, 2010) (o mejor 'módulos') fotovoltaicos se puede producir de muchos elementos. Con mejorados y nuevos métodos de producción y el uso de nuevos elementos incluyendo materiales orgánicos, existe hoy una gran variedad de productos.

### **Paneles Solares de Celdas de Silicio**

Las celdas fabricadas de bloques de silicio ('ingots') son las más comunes, la experiencia comprobó una vida útil con frecuentemente más de 40 años sin ningún mantenimiento. Se distinguen entre placas compuestas de celdas monocristalinas (izquierda) y policristalina (derecha). En la práctica la diferencia entre ambas es mínima. La mayor eficiencia de las monocristalinas puede tener importancia cuando el espacio disponible es reducido. Frecuentemente con placas policristalinas se puede conseguir más energía por el mismo precio.

Tradicionalmente se discutieron dos argumentos en contra de este tipo de placas solares:

Aunque el silicio es muy abundante (por ejemplo en arena), la cantidad con suficiente pureza (99.9999%) es limitada y consecuentemente caro. Una **escasez de silicio de alta pureza** anunciado en 2005 fue evitada con nuevos descubrimientos y mejores procesos de fabricación. Varias empresas que invirtieron fuertemente en tecnologías alternativas hoy se encuentran en serios problemas para competir con los paneles de silicio tradicionales, cada vez más asequibles.

El argumento de que la energía (eléctrica) necesaria para producir las placas solares es mayor a la que ellas generan durante su vida (**tiempo de retorno energético**). Aunque con validez hace más de 50 años atrás, las placas de silicio fabricadas hoy con procesos modernos y celdas más finas necesitan menos de dos años para producir la energía que se usó para su propia fabricación (vea por ejemplo Mariska de Wild-Scholten 'Environmental profile of PV mass production: globalization'. La empresa Noruega Elkem logra recuperar la energía usada para la fabricación de sus ingots en 1.3 meses). En países de alta radiación como en el Perú, este tiempo de retorno todavía es más corto. Aquí se encuentran algunas consideraciones sobre paneles cristalinas.

## Otros Paneles Solares

### Placas solares de capa fina

Para reducir los costos de producción y salir de la posible escasez de silicio se empezaron a investigar e invertir en placas de otros materiales. A parte de paneles solares de capa fina (thin film solar cells) con **silicio (amorfas)**, se logró una importante reducción de los costos usando otros elementos.

Los más importantes son módulos de capa delgada de cobre, indio y selenio (**CIS**) o de cobre, indio, galio y selenio (**CIGS**) y módulos de capa delgada a base de cadmio y telurio (**CdTe**).

Modernos procesos como por ejemplo tecnologías de imprenta resultan en capas ultra finas usando menos materia prima.

Inversiones masivas en estas nuevas tecnologías (en gran parte asegurado por programas gubernamentales) permitieron instalaciones de parques solares de gran tamaño, con el resultado de que la empresa First Solar (EEUU) con sus placas tipo CdTe se convirtió en el 2009 temporalmente en el productor fotovoltaico más grande del mundo.

### Celdas flexibles

Las nuevas formas de producción permiten también producir celdas flexibles que abren posibilidades que la rigidez de los paneles tradicionales no permitieron. Estas celdas cada vez más se incorporan en la ropa, mochilas, sombrillas, etc. A parte de aplicaciones especiales, sirven para cargar aparatos de poco consumo. Así se puede evitar un celular descargado, alimentar otros aparatos portátiles o tener luz en la playa una vez que se va el sol.

### **Capas transparentes**

Un desarrollo práctica es la recién empezada producción de ventanas con capas finas semi-transparentes. Es una válida alternativa arquitectónica para incluirlas en edificios. Con estas se puede reemplazar los vidrios polarizados y usar la energía generada para apoyar la climatización de los edificios.

### **Celdas orgánicas**

Celdas orgánicas ya se puede tejer en la ropa, por ejemplo para cargar aparatos de telecomunicación. De interés especial es la Celda Grätzel de material simple similar a la fotosíntesis con características muy prometedoras. Con esta invención el Prof. Grätzel ganó el Premio Tecnológico del Millenium en el 2010. Actualmente están preparando una primera producción industrial. A causa del uso de materiales simples, se espera en el futuro una importante reducción de los precios. Contario de las celdas cristalinas, tienen la ventaja que la eficiencia aumenta con la temperatura.

### **Celdas de concentración**

Concentrar la luz con sistemas ópticos es otro desarrollo para aumentar la relativamente baja eficiencia de las celdas fotovoltaicas y reducir los costos. Aunque se logró mejorar la eficiencia por un factor importante en los sistemas instalados, la necesidad de orientarlos exactamente hacia el sol y el control de la alta temperatura generada imponen sistemas sofisticados con un

mantenimiento alto y costoso. Nuevas tecnologías que eviten las desventajas están bajo desarrollo.

### **2.1.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS A UTILIZAR**

#### Características físicas

Longitud: 1.200 mm

Anchura: 1.000 mm

Espesor: 35 mm

Peso: 10,2 kg

#### Características eléctricas

Potencia: 150 W

Corriente (en punto de máxima potencia): 4,23 A

Tensión (en punto de máxima potencia): 35.5 V

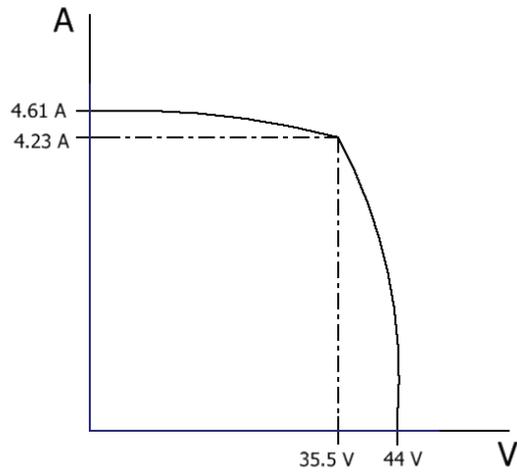
Corriente de cortocircuito: 4,61 A

Tensión de circuito abierto: 44 V

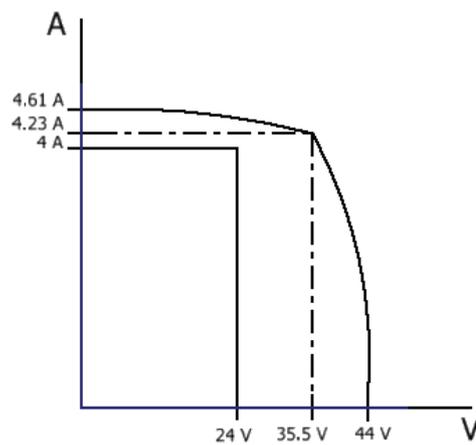


**Figura 6** Paneles de 96W

## 2.1.4 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS



**Figura 7** Corriente - Voltaje



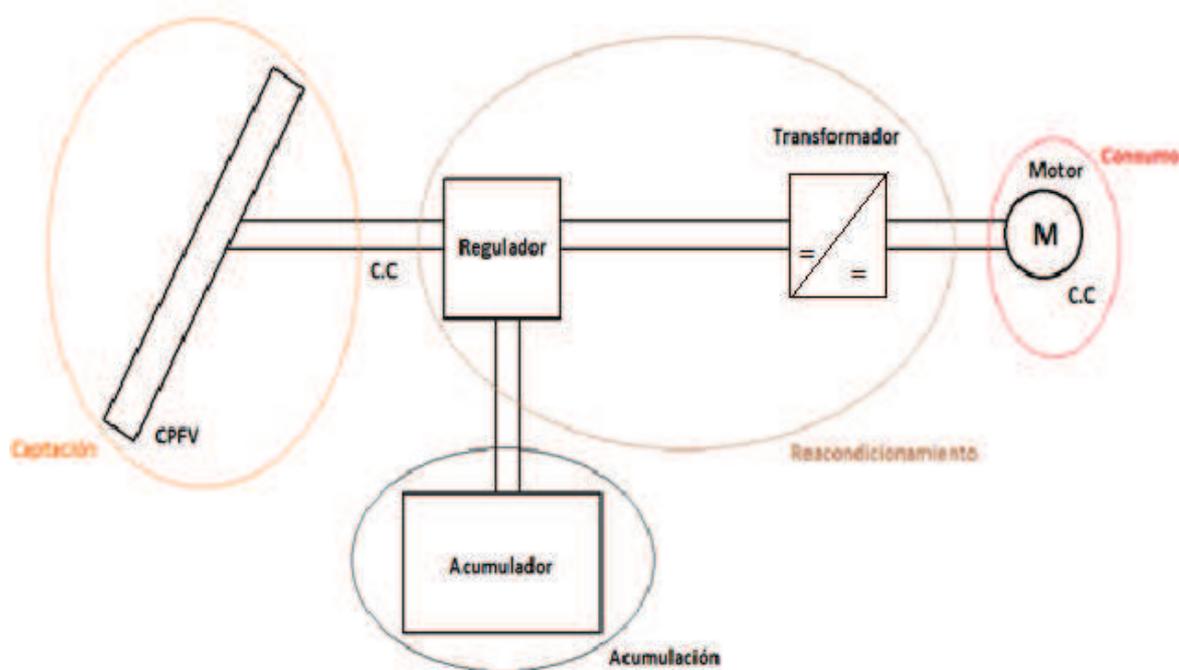
**Figura 8** Potencia real de un panel

$$P_{\text{real}} = 8A * 24V = 96 W$$

La potencia total real de los dos paneles es 192 W.

## 2.1.5 SUBSISTEMAS

Cuando se habla de subsistemas, son las etapas que están dentro de la instalación completa.



**Figura 9** Subsistemas

Los subsistemas como podemos observar son los siguientes:

- **Captación**

Está conformado por los paneles solares, cuyas características están en el capítulo 2.1.3.

- **Reacondicionamiento**

Está constituido por un regulador y un transformador.

- **Acumulación**

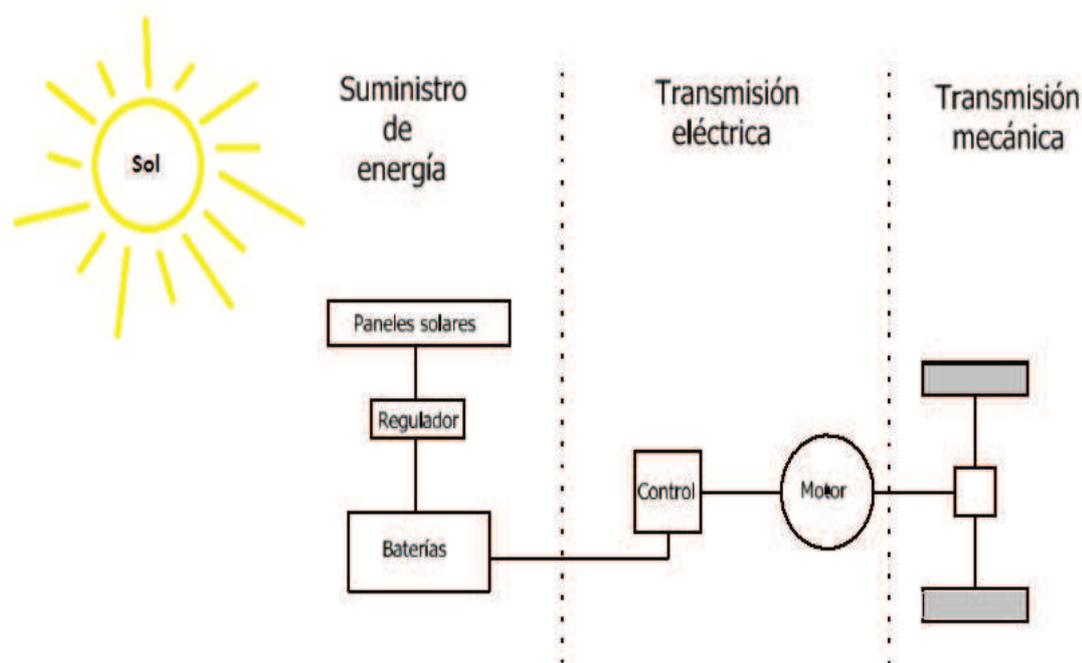
Conformado por batería o acumulador.

- **Consumo**

Es el subsistema de descarga que está representado por el motor y es el que consume la energía almacenada.

## **2.2 ACCIONAMIENTO DE VEHÍCULOS CON PROPULSIÓN SOLAR**

Un vehículo solar es un vehículo accionado por un motor eléctrico alimentado por energía solar fotovoltaica obtenida de placas o paneles solares en la superficie del automóvil, lo que los diferencia de los vehículos de carga solar, en los que se emplea electricidad renovable que obtenida fuera del vehículo. Las celdas fotovoltaicas convierten la energía del sol directamente a electricidad, que puede o bien ser almacenada en baterías eléctricas o utilizada directamente por el motor.



**Figura 10** Esquema funcionamiento de vehículo accionado por energía solar

Además para accionar un vehículo solar, debe superar las diferentes resistencias que presentan los vehículos de combustión interna.

## Factores que intervienen en el movimiento de un vehículo

### Fuerzas aerodinámicas

Se presentan cuando el vehículo en movimiento entra en contacto con el aire, entonces las moléculas del aire al estar próximas a la superficie empiezan a moverse alrededor del vehículo produciéndose un desplazamiento de dichas moléculas, de esta manera se genera una distribución de velocidad de los diferentes puntos de la atmósfera que está circundante al vehículo, de tal manera que todos los puntos de la superficie del vehículo están siempre en contacto con las moléculas del aire, siendo todos estos puntos el “punto de contacto” de las fuerzas aerodinámicas entre el vehículo y el aire.

### **Fuerzas de rozamiento**

Es la fuerza entre dos superficies en contacto, llamada también fuerza de fricción, y se opone al movimiento entre ambas superficies o que se opone al inicio del movimiento. De aquí se distinguen dos tipos de rozamiento:

El ROZAMIENTO ESTÁTICO que es la resistencia que se debe superar para que el vehículo entre en movimiento con respecto al cuerpo que se encuentra en contacto, y el ROZAMIENTO DINÁMICO que es una fuerza de magnitud constante que cuando empieza el movimiento se opone a éste. En conclusión, el rozamiento estático actúa cuando el cuerpo está en reposo, y el dinámico cuando está en movimiento.

### **Fuerzas resisoras**

Cuando el vehículo ya está en movimiento se presentan fuerzas que se oponen al movimiento, estas fuerzas resisoras se pueden calcular en el plano horizontal y plano inclinado.

### **Plano horizontal**

Existe una resistencia aerodinámica  $R_a$  que es la fuerza que sufre el vehículo al moverse a través del aire en dirección de la velocidad relativa aire-vehículo.

$$R_a = \frac{1}{2} \rho A_f \mu_a v^2 \quad (2.1)$$

Donde:

$\rho$ : Densidad del aire;  $A_f$ : Área frontal del vehículo;  $\mu_a$ : Coeficiente aerodinámico de resistencia al avance;  $v$ : velocidad del vehículo.

También existe una resistencia a la rodadura  $R_r$  que se presenta cuando un cuerpo rueda sobre una superficie. En la resistencia a la rodadura no existe

resbalamiento entre la rueda y la superficie sobre la que rueda, disminuyendo la resistencia al movimiento.

$$R_r = \mu_r * W \quad (2.2)$$

Donde:

$\mu_r$ : Coeficiente de rodadura; W: Peso del vehículo

### Plano inclinado o rampa

Este cálculo nos permite encontrar el par máximo del motor, ya que en caso de una rampa es cuando el motor necesita el máximo par momento, puesto que además de vencer las fuerzas antes estudiadas debe vencer la fuerza ejercida por la inercia, la cual está dada por  $(\frac{W}{g} * a)$  obteniendo una resistencia (IZQUIERDO, Aparicio y otros, 2001) total de:

$$R_t = W * \text{Sen}\theta + W * \text{Cos}\theta * \mu_r + \frac{W}{g} * a \quad (2.3)$$

$$M_{\max} = \frac{R_t * R_c}{i * n} \quad (2.4)$$

Donde:

R<sub>t</sub>: Resistencia total; R<sub>c</sub>: Radio bajo la carga; i: Relación de transmisión; n: Eficiencia de la relación de transmisión.

### **2.3 VENTAJAS DE LOS VEHÍCULOS ACCIONADOS CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

- Los vehículos alimentados con energía solar transforman la radiación solar, un recurso libre renovable, en energía eléctrica que hace que el vehículo funcione, de manera que no se tenga que pagar por cualquier combustible fósil cada vez que lo necesites.
- Es una alternativa no contaminante para el transporte terrestre.
- No necesita arranque para encender.
- Menor ruido.
- No depende del petróleo.
- No hay pérdida de energía por transferencia de calor.
- No necesita calentarse para un buen funcionamiento.
- Cuando el vehículo rueda o se mueve por inercia no consume energía.
- La energía solar es una fuente muy importante y suficientemente desarrollada para sustituir a los combustibles fósiles.

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO MECÁNICO**

Para la realización de este proyecto se tomará como referencia las bases del concurso de vehículos accionados con energía solar de Atacama(Chile), con esto lo que queremos es que con el Auto solar ya terminado, en un futuro exista la posibilidad de concursar en dicha carrera. La categoría de la carrera en la cual está basado este proyecto es la Evolución. Véase anexo A.

#### **3.1 PROTECCIÓN ANTIVUELCO**

Para el análisis de la estructura soportante se utilizó un programa CAD el cual mediante una simulación nos proporcione los resultados de las deformaciones a partir de las cargas aplicadas. Con estos resultados se comprobó que los materiales que conforman la estructura antivuelco soportaron las cargas con un factor de seguridad adecuado.

Entonces para este análisis primero se definió el material. A continuación se indica la tabla de propiedades del material que se utilizó para la simulación y fabricación.

**Tabla 1**

**Propiedades del acero A36**

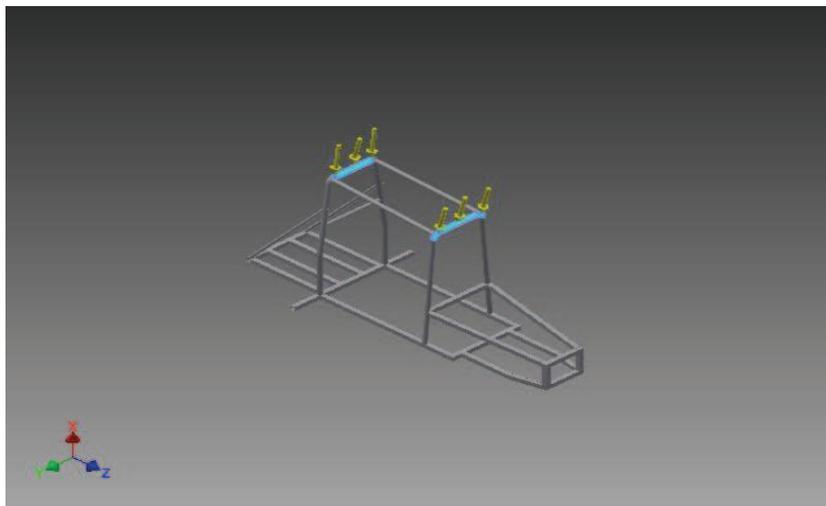
<b>Nombre</b>	<b>Acero A36</b>	
<b>General</b>	Densidad	7.85 g/cm <sup>3</sup>
	Esfuerzo a fluencia	207 MPa
	Esfuerzo último	345 MPa
<b>Esfuerzo</b>	Módulo de Young	210 GPa
	Coeficiente de Poisson	0.3

**Fuente:** Programa CAD

Una vez elegido el material a utilizar para diseñar la protección del conductor o estructura antivuelco, nos regimos a las bases del concurso de carros solares de atacama.

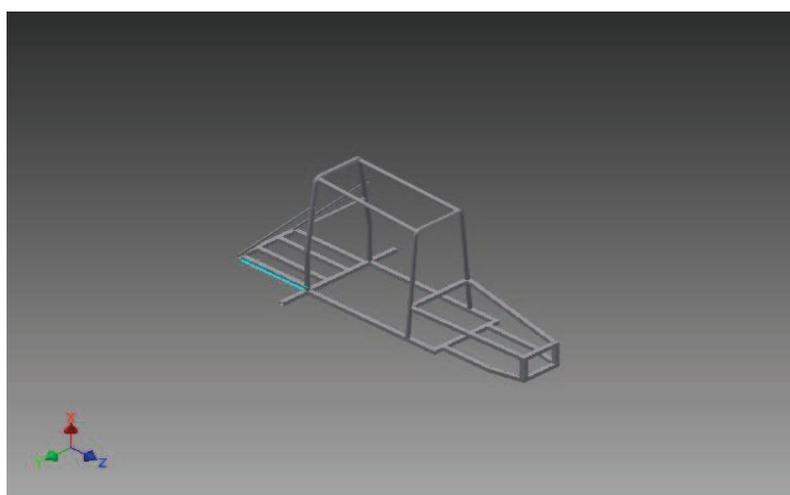
Peso aproximado del carro solar: 200 Kg.

Peso mínimo que tiene que resistir la estructura es: 800Kg. = 7840 N.

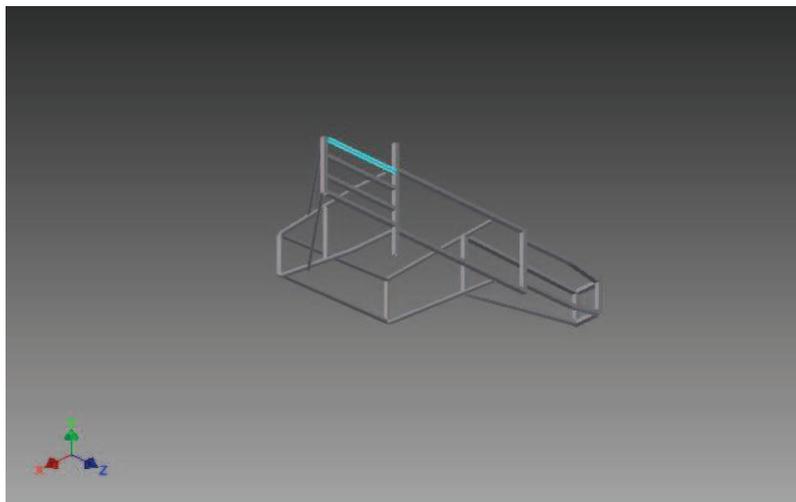


**Figura 11** Carga aplicada en la parte superior de la estructura antivuelco

Además se deben incluir cierto tipo de restricciones como son las caras fijas que en la figura 3.2 y 3.3 están de color celeste. A continuación se muestran las restricciones que se usaron en la estructura y los resultados proporcionados por el programa.



**Figura 12** Restricciones en la parte trasera derecha del chasis

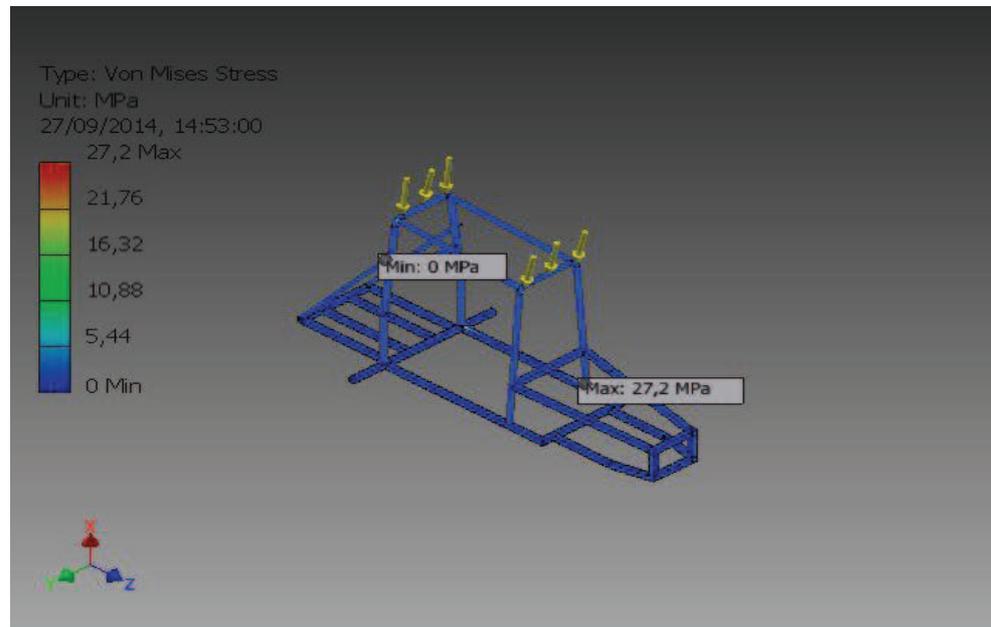


**Figura 13** Restricciones en la parte trasera izquierda del chasis

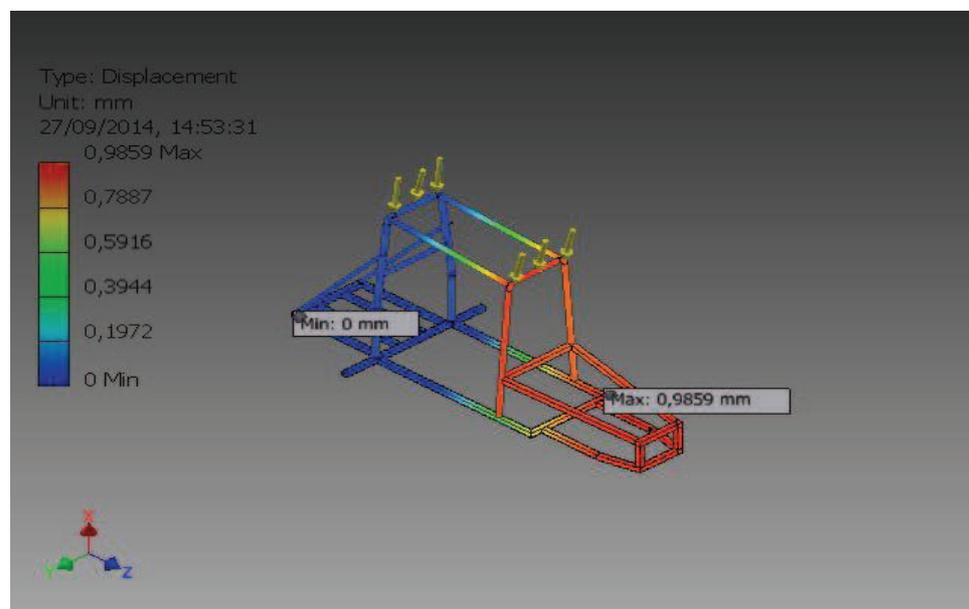
Una vez definidas las cargas y las restricciones, se procede a calcular los resultados. Los más importantes para nuestro diseño son:

- Esfuerzo de Von Mises
- Desplazamiento máximo
- Factor de seguridad

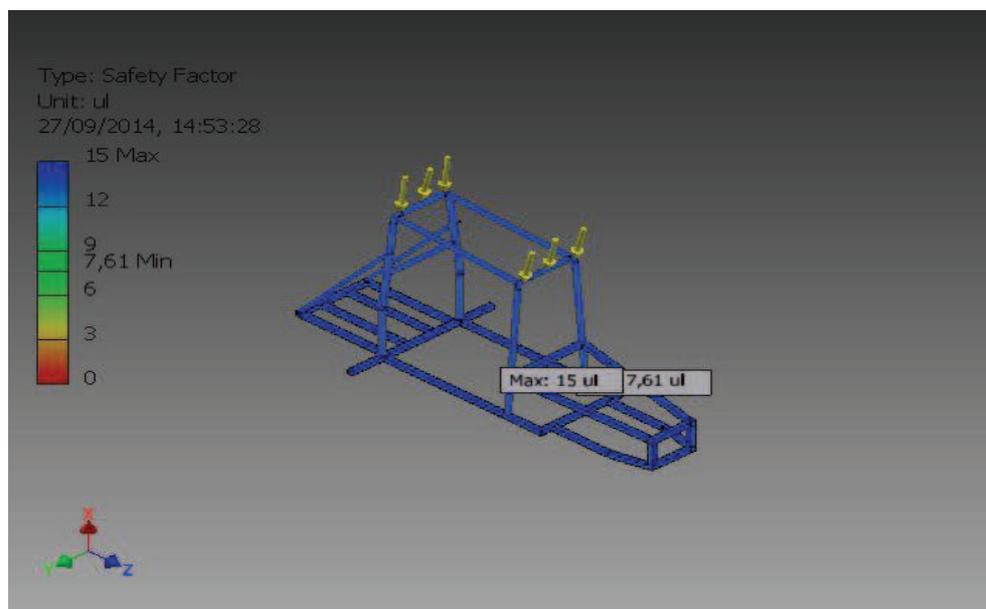
A continuación se muestran capturas de pantalla de los resultados.



**Figura 14** Esfuerzo de Von Mises



**Figura 15** Desplazamiento máximo



**Figura 16** Factor de seguridad

Se observa que los resultados son satisfactorios, el esfuerzo de Von Mises no sobrepasa el límite de fluencia, el desplazamiento máximo está dentro de los rangos permitidos y el factor de seguridad mínimo es mayor a 1.

### 3.2 CHASIS

Para el diseño del chasis también se ocupará un programa CAD el cual mediante una simulación nos proporciona los resultados de las deformaciones a partir de las cargas aplicadas. Los resultados nos indican que el material resiste.

El material elegido para la estructura del chasis es el acero A36.

Para diseñar la estructura del chasis tomamos en cuenta una velocidad máxima de 100km/hora, y suponer un choque frontal a dicha velocidad.

Entonces:

$$F = ma \quad (3.1)$$

Donde:

F: Fuerza; m: Masa; a: Aceleración

Para poder utilizar esta ecuación primero se necesita calcular la aceleración, entonces:

$$v_f = v_0 + a * t \quad (3.2)$$

Donde:

$v_f$ : Velocidad final;  $v_0$ : Velocidad inicial; a: Aceleración; t: Tiempo

Entonces la velocidad inicial es 100km/h=27.8m/s, la velocidad final es cero porque es después del choque, se toma un tiempo de 0.5 segundos y con estos datos se puede calcular la aceleración.

$$0 = 27.8\text{m/s} + a * t$$

$$a = \frac{-\frac{27.8\text{m}}{\text{s}}}{0.5\text{s}}$$

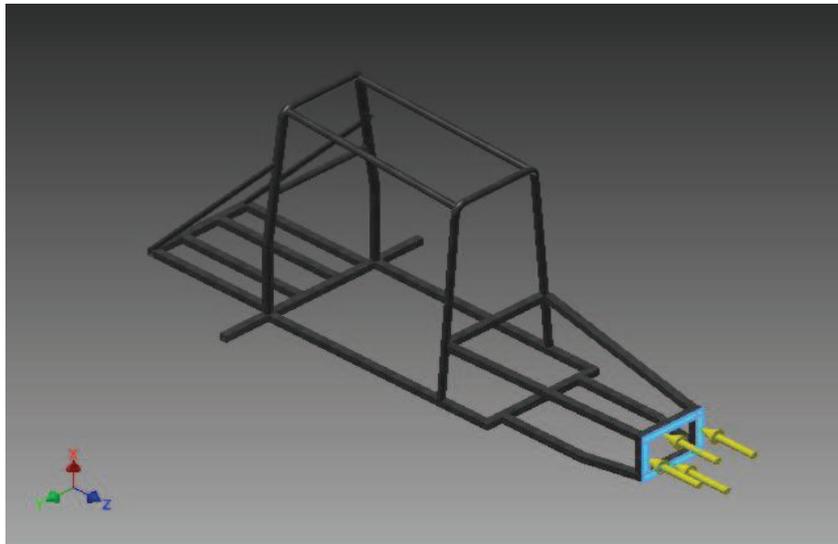
$$a = -55.6\text{m/s}^2$$

La aceleración queda negativa porque el carro se frena al momento del choque, pero para el cálculo de la fuerza se tomará el valor absoluto de la aceleración.

$$F = (200\text{kg}_{\text{carro}} + 80\text{kg}_{\text{piloto}}) * 55.6\text{m/s}^2$$

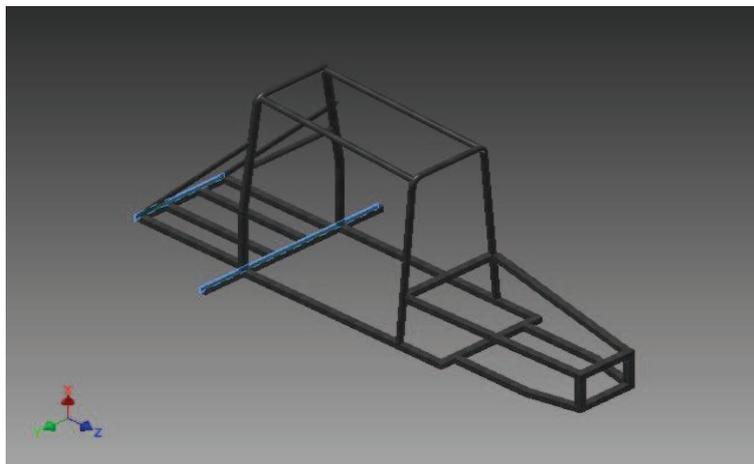
$$F = 15568 \text{ N}$$

Se tomará una fuerza de 17000N como factor de corrección para un peso del piloto máximo de 100kg, la cual se aplicará en la parte frontal del chasis.



**Figura 17** Carga aplicada en la parte frontal del chasis

Ahora se procede a definir las restricciones en 2 las caras fijas, dichas restricciones se la hizo en la parte trasera del chasis y son las caras que están de color azul en la figura 3.8.

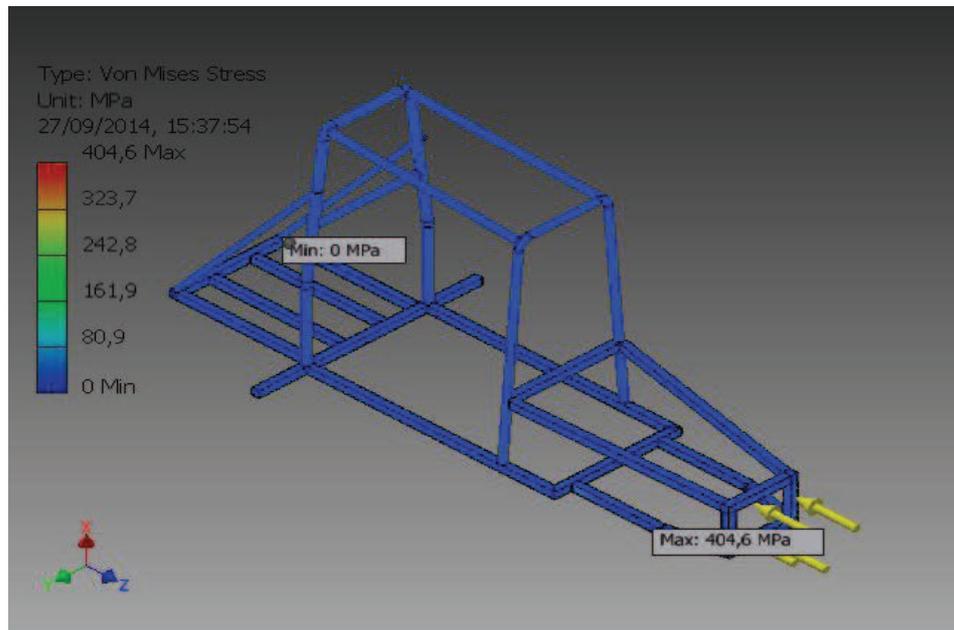


**Figura 18** Restricción en parte trasera

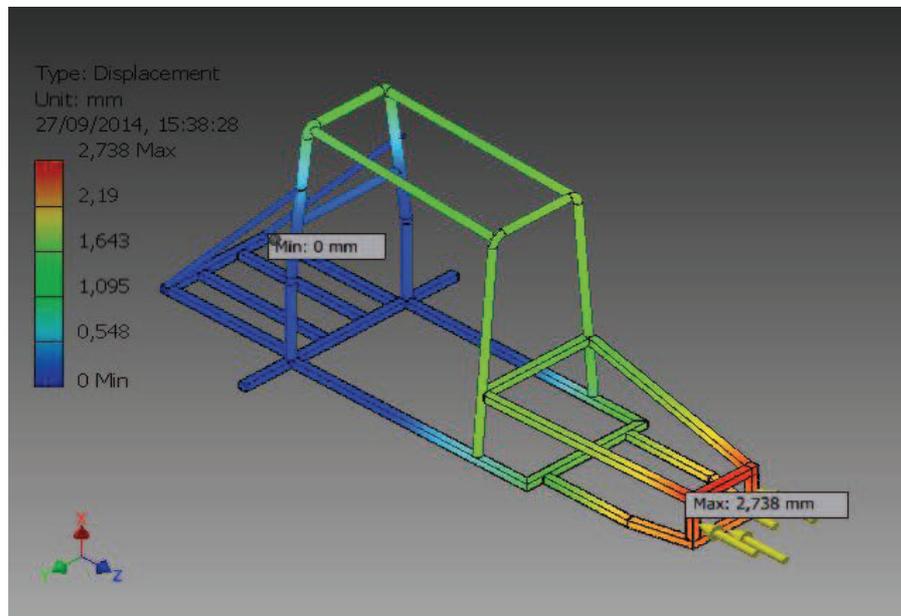
Una vez definidas las cargas y las restricciones, se procede a calcular los resultados. Al igual que para la estructura antivuelco, los más importantes para nuestro diseño son:

- Esfuerzo de Von Misses
- Desplazamiento máximo
- Factor de seguridad

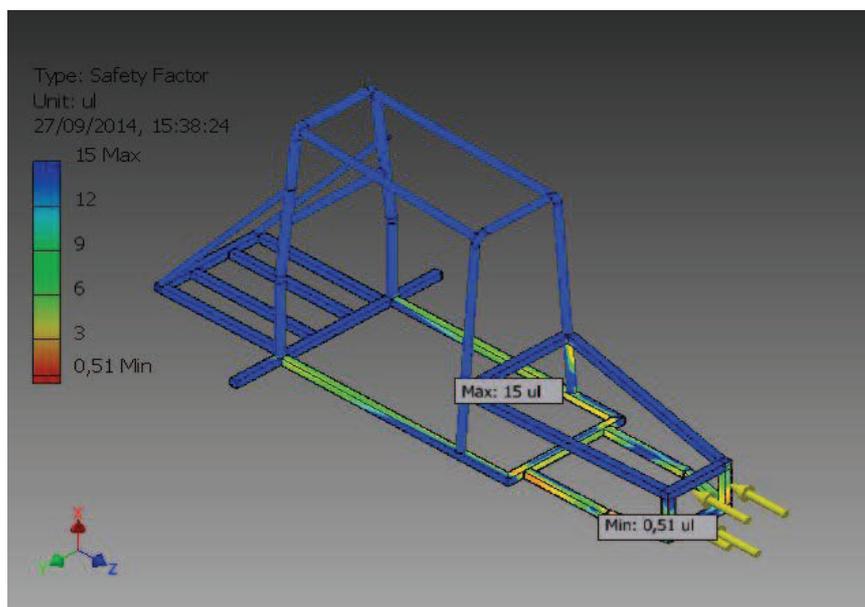
A continuación se muestran capturas de pantalla de los resultados.



**Figura 19** Esfuerzo de Von Mises



**Figura 20** Máximo desplazamiento



**Figura 21** Factor de seguridad

Los resultados son satisfactorios a pesar que el factor mínimo de seguridad es de 0.5 debido a que estamos tomando una velocidad que es el doble a la que este proyecto está siendo diseñado. Se tomó la velocidad de 100km/hora porque lo que se quiere es llegar a esa velocidad, para esto en un futuro se le hará modificaciones en la parte eléctrica y mecánica. El esfuerzo de Von mises y el desplazamiento no sobrepasan los límites del material. Además se puede observar que el factor mínimo de seguridad está ubicado en una parte fuera de la cabina del piloto.

### **Brazos para amortiguación independiente**

Otra parte que forma parte del chasis son los brazos delanteros y traseros, esto se debe a que el Go Kart tiene amortiguación independiente en las cuatro ruedas, por este motivo se diseñó y construyó brazos o soportes para las ruedas delanteras y para las ruedas traseras que permitan que la amortiguación independiente funcione correctamente.

## Brazos delanteros



**Figura 22** Brazos delanteros con amortiguación independiente



**Figura 23** Brazo delantero

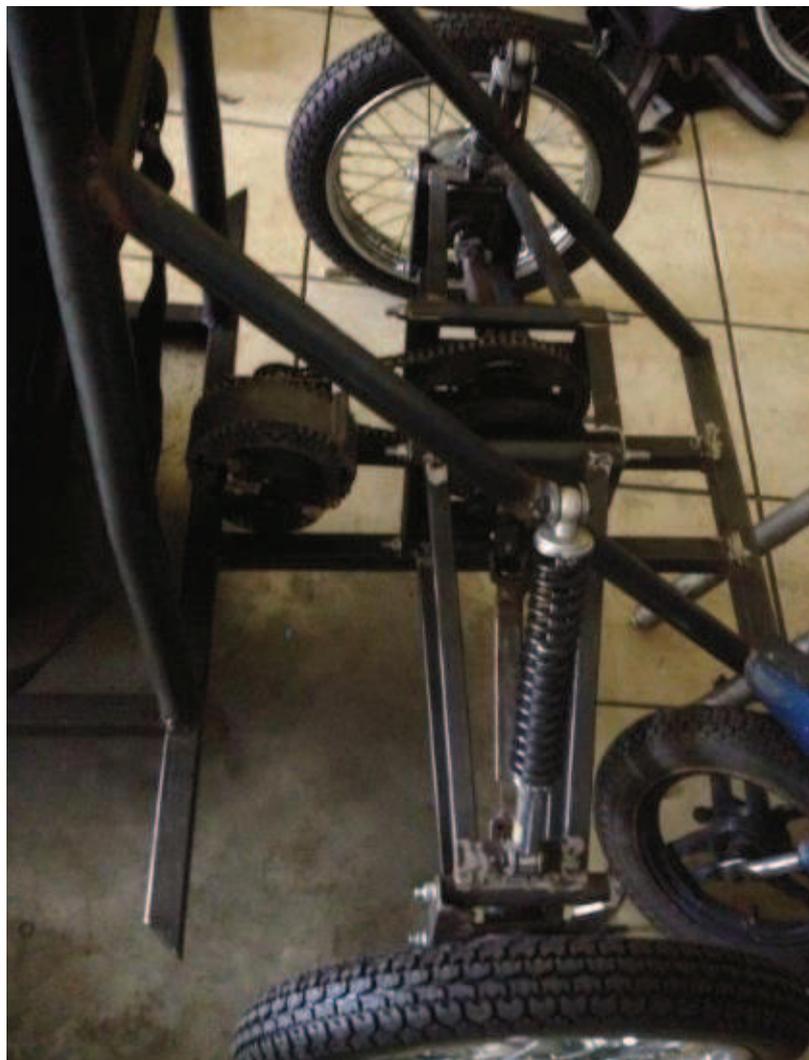
### **Brazos traseros**

Debido a que en estos brazos está la tracción del vehículo se tuvo que rediseñarlos por motivos de que el primer diseño presentó fallas.

Primer diseño:



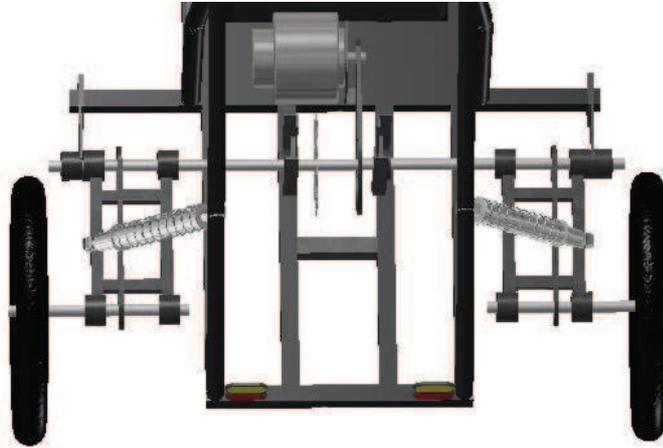
**Figura 24** Primer diseño brazos traseros y tracción mecánica (incompleto)



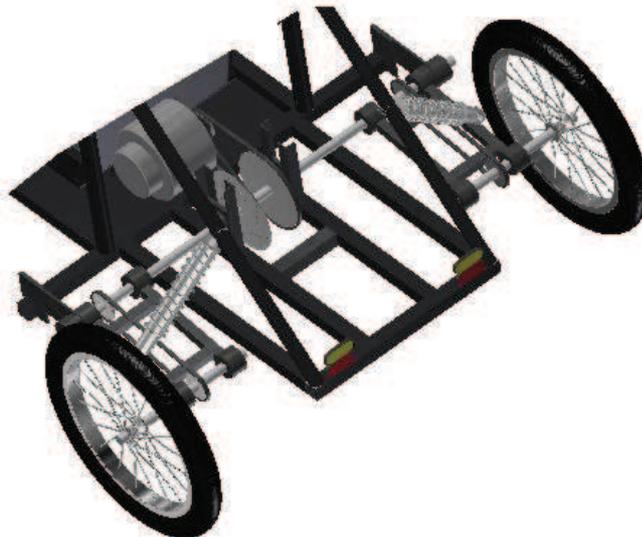
**Figura 25** Primer diseño brazos traseros y tracción mecánica (completo)

Este primer diseño es con los dos brazos laterales y hacia afuera, se lo hizo con tubos cuadrados y ejes. La tracción fue hecha por medio de ejes cuadrados, cuatro matrimonios mecánicos y crucetas. En este primer diseño las fallas que se presentaron fueron vibración, mucho ruido y tenía un considerable desbalanceo, además que la amortiguación no era la deseada.

Segundo diseño:



**Figura 26** Segundo diseño brazos traseros y tracción mecánica, vista superior



**Figura 27** Segundo diseño brazos traseros y tracción mecánica, perspectiva

En este segundo diseño se pudo conseguir lo requerido en nuestro proyecto utilizando un eje rígido con la catalina de tracción en el centro y con un piñón en cada uno de los extremos de dicho eje de donde por medio de cadenas se transmite la tracción a las llantas.



**Figura 28** Brazo trasero

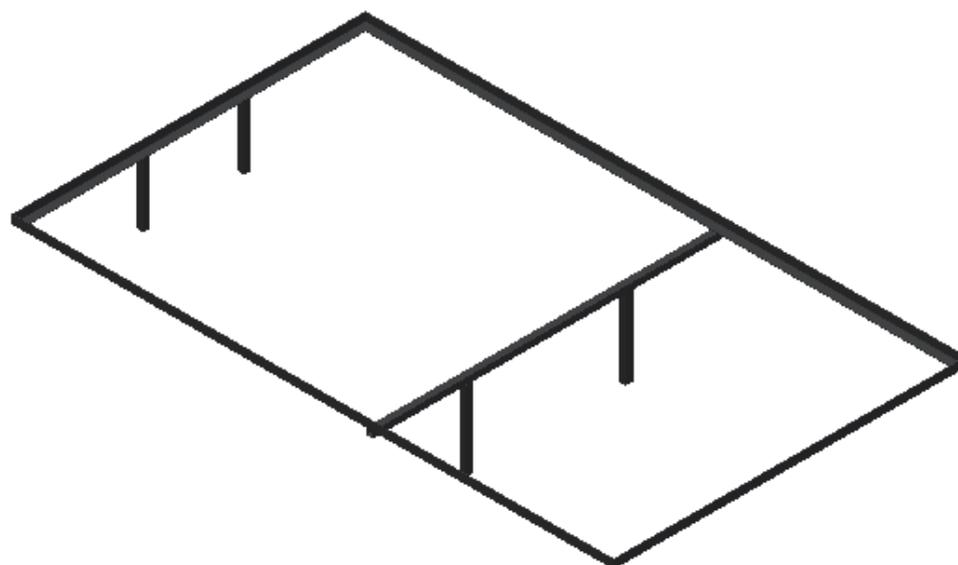
### **3.3 ESTRUCTURA PARA EL SOPORTE DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS**

El soporte de los paneles debe estar diseñado para que resista el peso de los mismos y las diferentes cargas físicas que se presenten cuando el vehículo esté en reposo o en movimiento. Además se lo diseñó con un mecanismo que haga que se pueda sobreponer un panel sobre el otro para cuando sea de trasladar o guardar el vehículo.

La estructura tiene un ángulo de inclinación de 5 grados que es una inclinación adecuada y suficiente para que los rayos del sol lleguen a la

superficie de los paneles en cualquier posición que esté el sol mientras el vehículo este expuesto al mismo.

Para esta estructura se utiliza un ángulo de acero A36.



**Figura 29** Perspectiva de la estructura de soporte de los paneles solares

El peso que debe soportar esta estructura es el de los paneles solares, entonces cada panel pesa 10.2 Kg por lo que el peso a soportar es de 20.4 kg de forma distribuida.

Conociendo las propiedades del material y luego de haber hecho dos simulaciones del mismo material que se utilizó para el diseño de la estructura del soporte de paneles, entonces no se hará simulación de esta estructura.

### 3.4 ERGONOMÍA DEL ASIENTO DEL CONDUCTOR

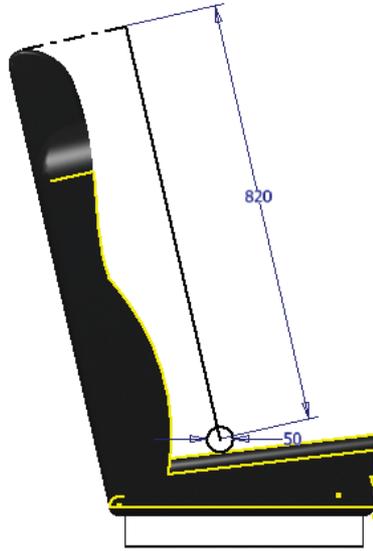
Los materiales utilizados son los mismos que se utiliza al construir un asiento para un auto normal, la estructura es de tubo y platina, forrado con espuma y cuero. Para los parámetros de diseño del asiento véase el anexo A. Entonces se diseñó y luego se mandó a fabricar el asiento que cumple con los requerimientos, al cinturón de seguridad se lo compró y se lo instaló en el asiento.



**Figura 30** Vista 1 del asiento del conductor



**Figura 31** Vista 2 del asiento del conductor



**Figura 32** Control de medida mínima del apoya cabeza del asiento



**Figura 33** Control de medida máxima del ángulo del asiento

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO ELÉCTRICO**

#### **4.1 ILUMINACIÓN AUTOMOTRÍZ**

Como se sabe el vehículo solar también debe poseer todo el sistema eléctrico que tiene un vehículo normal con motor de combustión interna ya que al ser posible concursar en Atacama, éste se va a movilizar por ciudad y carretera, entonces debe poseer iluminación para seguridad del conductor y de la población. Véase el anexo A.

Para la iluminación lo que se hizo es comprar los focos indicadores e instalarlos para su correcto funcionamiento.

A continuación se presenta los diagramas de los distintos sistemas convencionales que se integran en un vehículo.

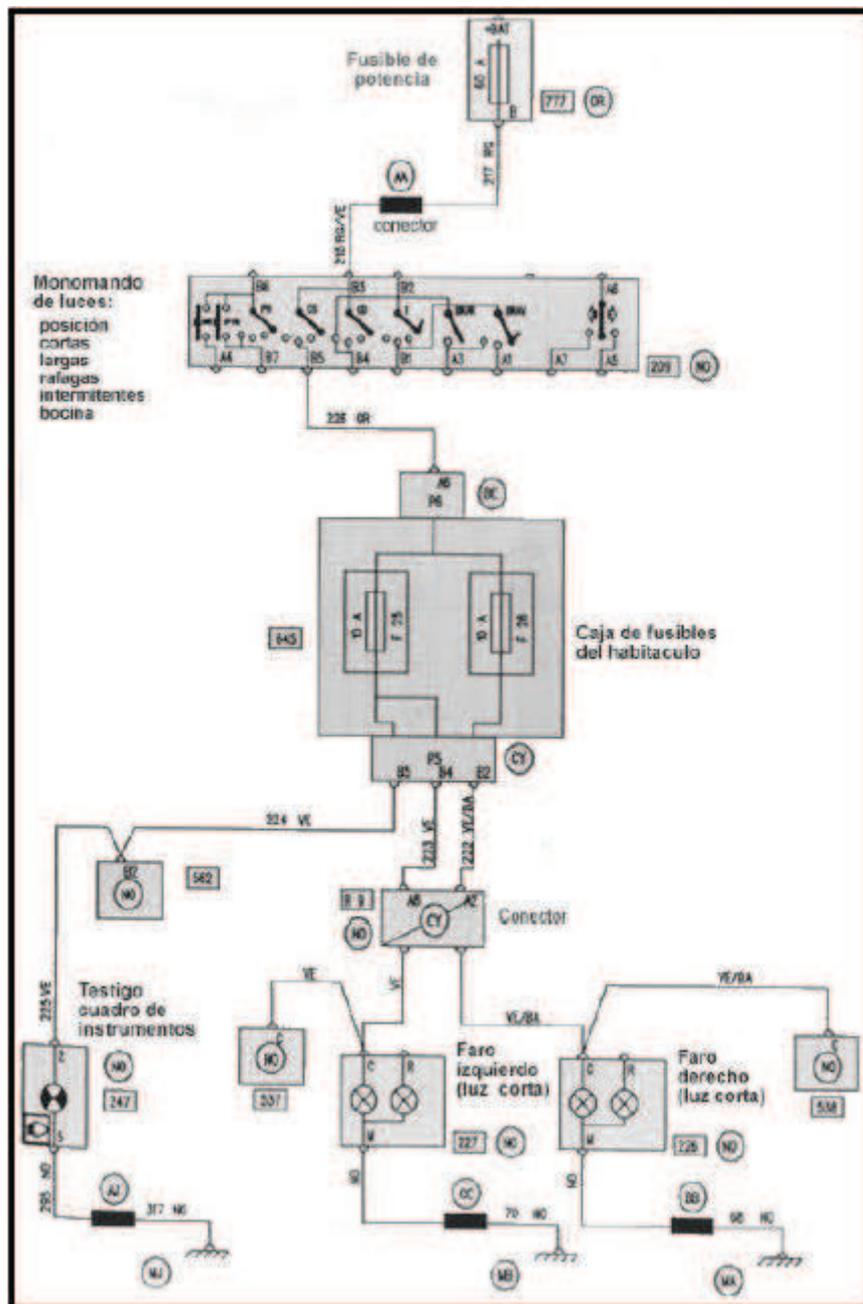


Figura 34 Diagrama de luces de población

Fuente: (FUNDACIÓN PROYECTO SALESIANO, 2004)

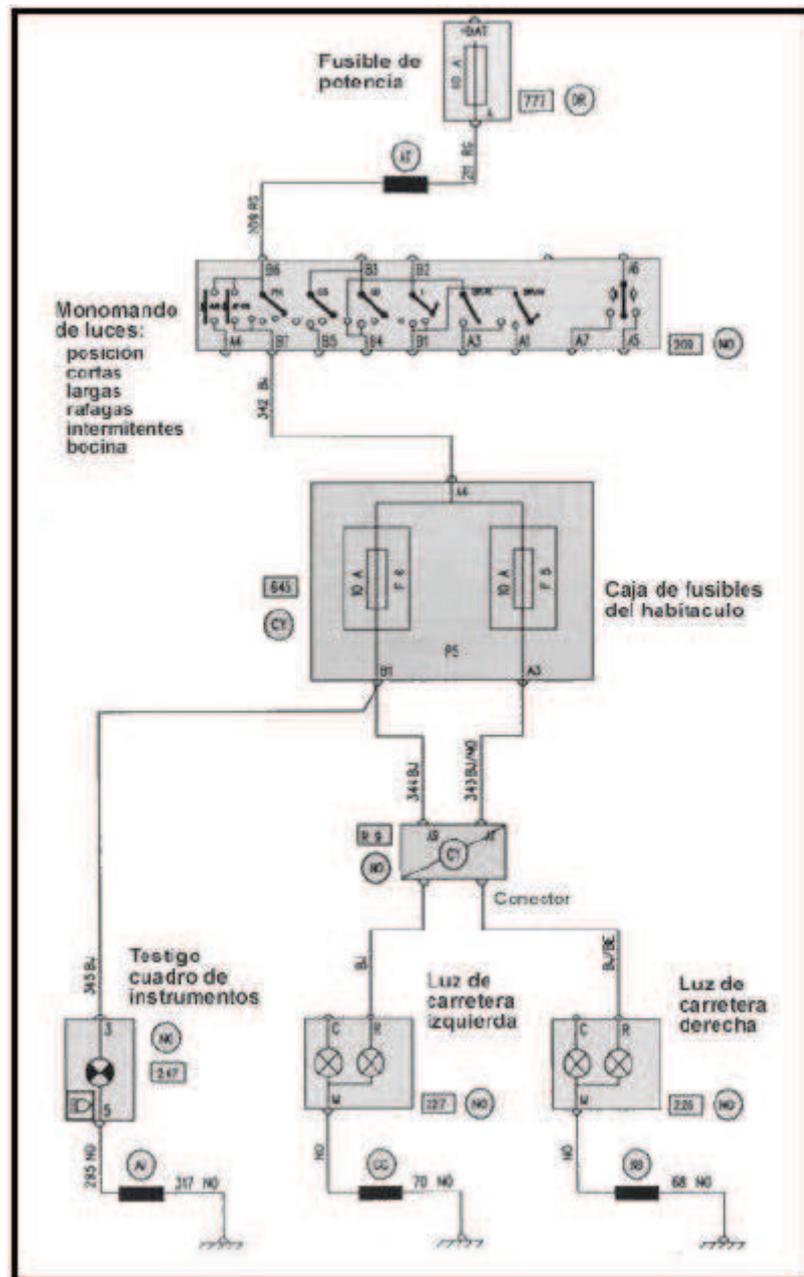


Figura 35 Diagrama de luces de carretera

Fuente: (FUNDACIÓN PROYECTO SALESIANO, 2004)

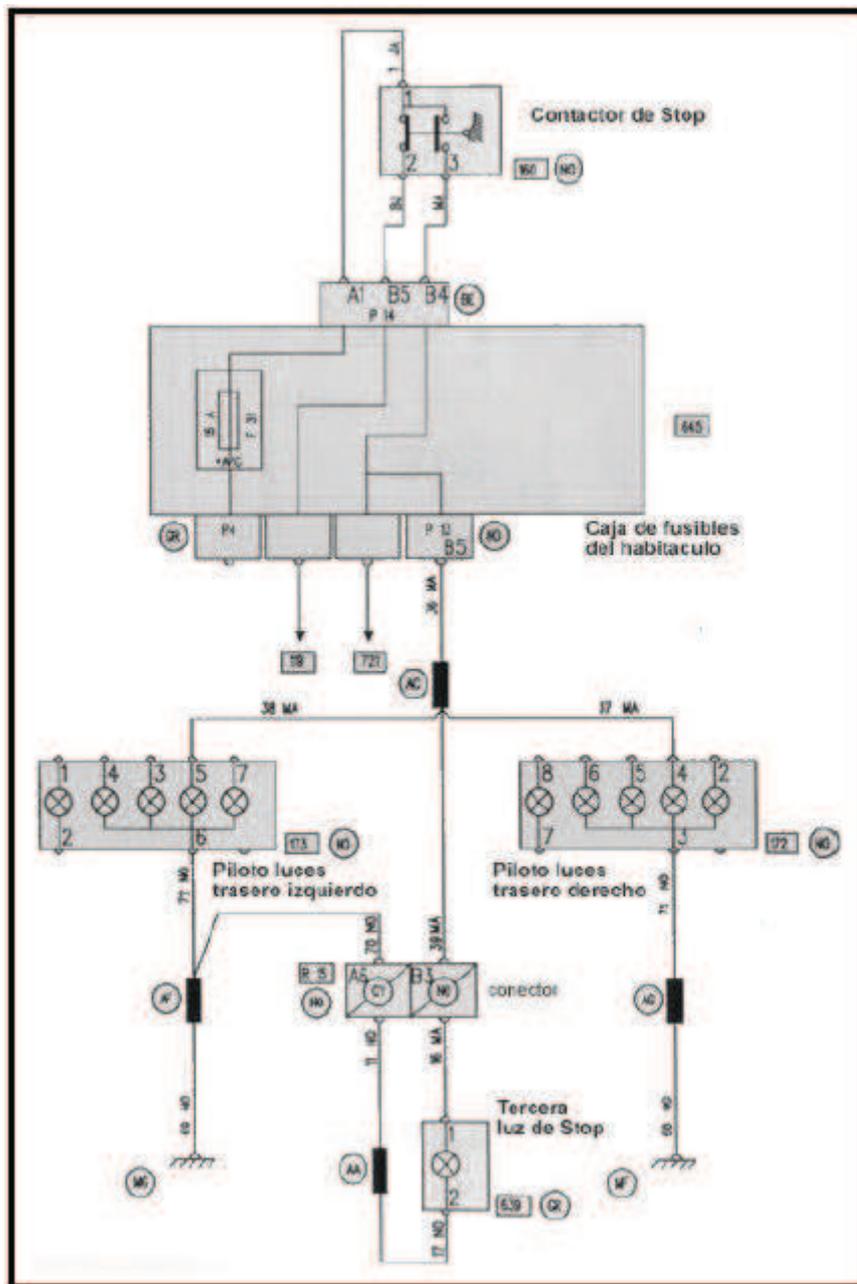
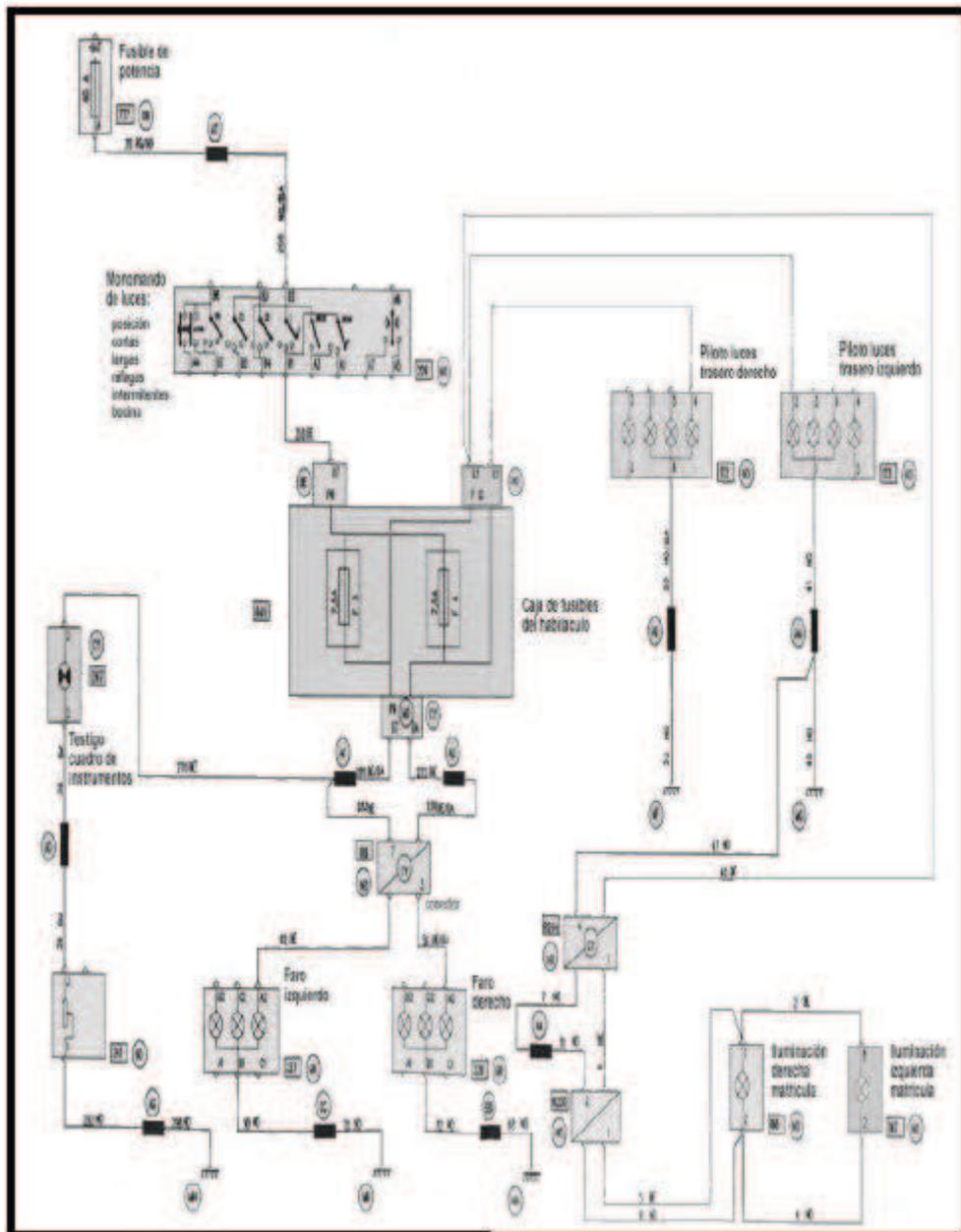


Figura 36 Diagrama de luces de freno

Fuente: (FUNDACIÓN PROYECTO SALESIANO, 2004)



**Figura 37** Diagrama de luces de posición

**Fuente:** (FUNDACIÓN PROYECTO SALESIANO, 2004)

A continuación se presenta el modelo del Go Kart con los focos ya instalados en el chasis.



**Figura 38** Vista de luces frontales del Go Kart



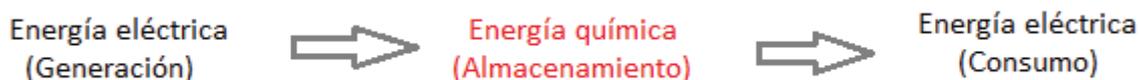
**Figura 39** Vista de luces traseras del Go Kart

#### **4.2 SISTEMA DE CONEXIÓN PANELES-MOTOR**

La conexión eléctrica desde los paneles solares hasta el motor consta básicamente de:

- Panel solar
- Regulador
- Batería
- Transformador
- Motor eléctrico

El funcionamiento de una instalación fotovoltaica es el siguiente:



El panel solar es el elemento principal de una instalación fotovoltaica, este es el generador ya que transforma directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol.

El regulador es para un correcto funcionamiento de la instalación, se encarga de la regulación de carga en la unión entre los paneles solares y las baterías, su misión es evitar situaciones de carga y sobre descarga de la batería con el fin de alargar su vida útil.

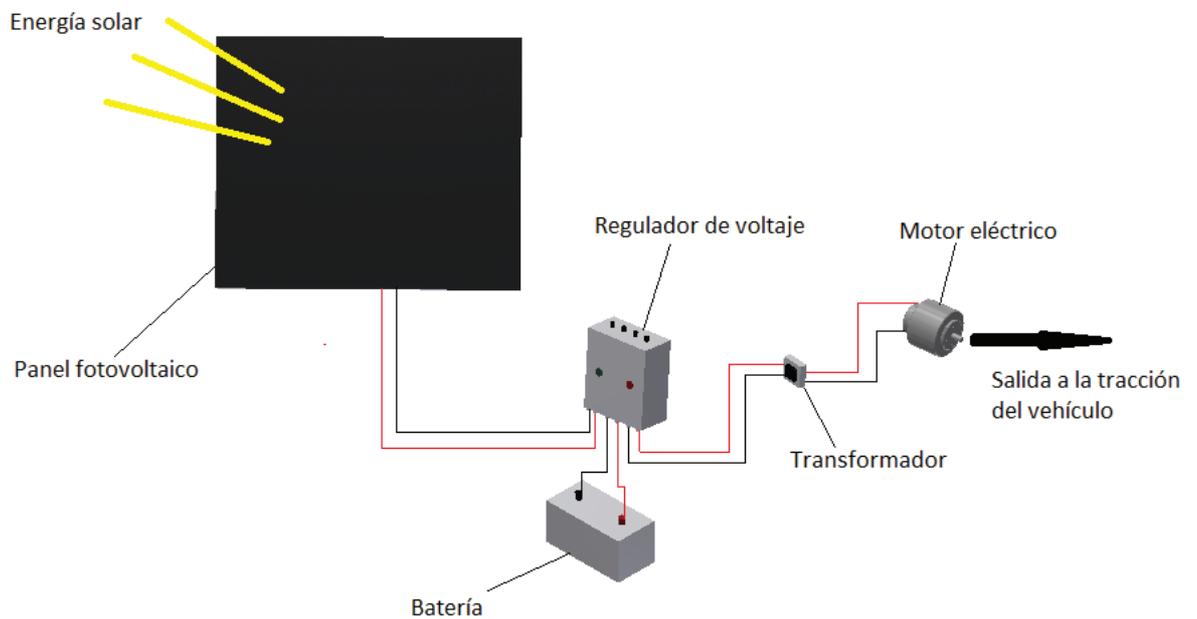
Dado que los paneles solares tienen una tensión nominal mayor que la de la batería, si no existiera regulador se podrían producir sobrecargas.

La llegada de la energía solar a los paneles solares no llega de manera uniforme, sino que presenta variaciones por diferentes motivos. Estos motivos pueden ser la estación del año, nubosidad, horas de sol. Por este motivo es necesario un sistema de almacenamiento de energía.

Las baterías son dispositivos capaces de transformar la energía química en energía eléctrica. Estas son recargadas desde la electricidad producida por los paneles solares, a través de un regulador de carga, y entregan su energía a la salida de la instalación donde será consumida.

El transformador se encargará de elevar el voltaje de las baterías a un voltaje mayor y que esté dentro del rango de funcionamiento del motor, así lo que hacemos es consumir menos corriente. A mayor voltaje se consume menor corriente y es lo que nos interesa para que la corriente almacenada en las baterías no se consuma en un periodo corto de tiempo.

El motor es la máquina eléctrica que hará mover el vehículo debido a que cuando se conecta a la energía eléctrica empieza a trabajar y por lo tanto produce movimiento que va conectado a la tracción del vehículo.



**Figura 40** Esquema de conexión paneles-motor

### 4.3 MOTOR ELÉCTRICO

Para poder obtener el dato técnico de la potencia necesaria del motor para el funcionamiento del vehículo solar se realizó los siguientes cálculos:

#### Relación de transmisión (i)

$$i = \frac{Z_r}{Z_p} \quad (4.1)$$

Donde:

$Z_r$ : Número de dientes de la rueda conducida;  $Z_p$ : Número de dientes del piñón conductor

$$Z_r = 51$$

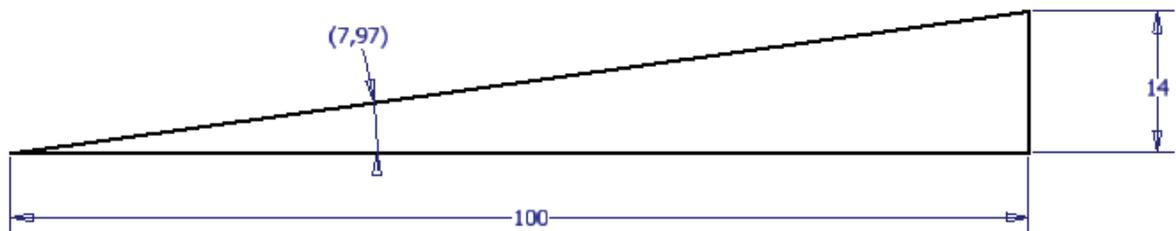
$$Z_p = 17$$

$$i = \frac{51}{17}$$

$$i = 3$$

### Pendiente máxima

El vehículo debe ser capaz de arrancar desde el reposo en una pendiente de 14% sin ser empujado, entonces para entender mejor, calculamos los grados de la pendiente.



**Figura 41** Representación gráfica del 14% de pendiente

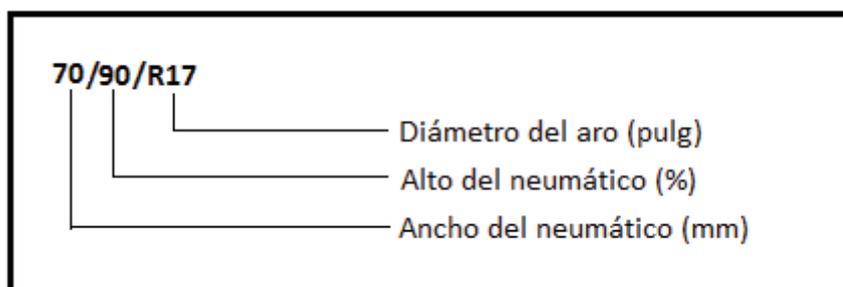
El ángulo es de  $7.97^\circ$

Si queremos calcular el ángulo por funciones trigonométricas, tenemos:

$$\tan^{-1}\left(\frac{14}{100}\right) = 7.97^\circ, \text{ pero para facilitar los cálculos tomaremos un ángulo } \theta = 8^\circ.$$

### Radio del neumático

Para obtener el radio bajo la carga que se necesita para los cálculos, se procede a calcular el radio del neumático.



**Figura 42** Denominación de neumáticos

**Fuente:** (IZQUIERDO, Aparicio y otros, 2001)

Tener en cuenta que el valor de la anchura del neumático es equivalente al valor del ancho de la rueda.

$$r = \frac{1}{2} * \text{diámetro del aro} * 25.4 + (\text{valor}\% * \text{ancho del neumático}) \quad (4.2)$$

$$r = (\frac{1}{2} * 17 * 25.4) + (90\% * 70)$$

$$r = 0.2789\text{m}$$

### Radio bajo la carga $r_c$

$$r_c = r(1 - i) \quad (4.3)$$

En donde  $i$  es el factor de deslizamiento para pista-neumático, para turismo  $i \approx 3\%$ .

$$r_c = 0.2789(1 - 0.03)$$

$$\mathbf{r_c = 0.2705m}$$

### Resistencia total del vehículo solar

$$\text{Peso total del vehículo} = 200 \text{ kg} + 80 \text{ kg}_{(\text{piloto})} = 280 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total del vehículo} = 280 \text{ kg} * 9.81 \left(\frac{m}{s^2}\right) = 2746.8 \text{ N}$$

**Tabla 2**

#### Coefficiente de rodadura

TIPO DE VEHÍCULO	SUPERFICIE		
	HORMIGÓN/ ASFALTO	DUREZA MEDIA	ARENA
<b>TURISMOS</b>	<b>0.015</b>	0.08	0.3
CAMIONES	0.012	0.06	0.25
TRACTORES	0.02	0.04	0.2

**Fuente:** (IZQUIERDO, Aparicio y otros, 2001)

Tenemos:

$$W = 2746.8 \text{ N}$$

$$a = 0.5 \text{ (valor asumido)}$$

$$\theta = 8^\circ$$

$$i = 3$$

$$n = \text{eficiencia relación transmisión turismos} = 0.85$$

$$\mu_r = 0.015$$

$$R_t = W * \text{Sen}\theta + W * \text{Cos}\theta * \mu_r + \frac{W}{g} * a$$

$$R_t = 2746.8 * (\text{Sen}8^\circ + \text{Cos}8^\circ * 0.015 + [(0.5)/(9.81)])$$

$$\mathbf{R_t = 3242.35 N}$$

Una vez que ya se determinó la resistencia total del vehículo eléctrico, se tiene que encontrar el par máximo que debe poseer el motor eléctrico.

$$M_{\max} = \frac{R_t * r_c}{i * n}$$

$$M_{\max} = \frac{3242.35 * 0.2705}{3 * 0.85}$$

$$\mathbf{M_{\max} = 344 Nm}$$

Entonces, se necesita un motor eléctrico AC con un torque mínimo de 350 Nm

#### POTENCIA DEL MOTOR

Se calculará la potencia que necesita el motor en plano horizontal

Plano horizontal

Para la potencia en el plano horizontal es necesario calcular las siguientes resistencias:

#### RESISTENCIA AERODINÁMICA "Ra"

Para poder determinar este tipo de resistencia, se necesita conocer la densidad del aire dependiendo la altura sobre el nivel del mar.

**Tabla 3****Densidad del aire en función de altitud**

Altura (m) Sobre el nivel del mar	Densidad del aire ( $\frac{kg}{m^3}$ )
0	1,225
1000	1,112
2000	1,007
<b>2500</b>	<b>0,957</b>
3000	0,909

**Fuente:** (IZQUIERDO, Aparicio y otros, 2001)

A parte, se debe calcular el área frontal del vehículo con un factor de corrección de 0.5 debido al diseño del mismo.

$$AF = (\text{área frontal}) = b * h * 0.5 = 1.31m * 1.60m * 0.5 = 1.048 \text{ m}^2$$

$$V = (\text{velocidad máxima}) = 45\text{km/hora} = 12.5 \text{ m/s}$$

$$\mu_a = (\text{coeficiente aerodinámico}) = 0,36 \text{ para automóviles}$$

Una vez determinados los valores respectivos, calculamos el valor de la resistencia.

$$Ra = \frac{1}{2} * (\rho) * (AF) * (\mu_a) * (v^2)$$

$$Ra = \frac{1}{2} * 0.957 * 1.048 * 0.36 * 12.5^2$$

$$\mathbf{Ra = 28.2 \text{ N}}$$

## RESISTENCIA A LA RODADURA "Rr"

$$Rr = \mu_r * W$$

$$Rr = 0.015 * 2746.8 \text{ N}$$

$$\mathbf{Rr = 41.2 \text{ N}}$$

Ya tenemos las fuerzas resisoras, entonces ya podemos calcular la potencia.

$$P = (Ra + Rr) * v$$

$$P = (28.2 + 41.2) * 12.5$$

$$\mathbf{P = 867.5 \text{ W}}$$

Pero como los motores eléctricos tienen su potencia expresada en HP, entonces se calcula su equivalente.

$$\mathbf{P = 867.5 \text{ W}}$$

$$1\text{HP} = 746 \text{ W}$$

$$\mathbf{P = 1.17 \text{ HP}}$$

Ahora bien, se tiene la potencia necesaria para los parámetros que se ha tomado en cuenta. Pero lo que no se ha tomado en consideración es que el Go Kart como todo vehículo, tiene rodamientos, por lo que la potencia calculada debe multiplicarse por un factor de fricción para rodamientos.

Tabla 4

## Coeficientes de fricción para rodamientos

Tipo de rodamiento	Coeficiente $\mu \cdot 10^{-3}$
<b>Rodamientos rígidos de bolas</b>	<b>1~1.5</b>
Rodamientos de bolas a contacto angular	1.2~1.8
Rodamientos oscilantes de bolas	0.8~1.2
Rodamientos de rodillos cilíndricos	1~1.5
Rodamientos de agujas	2~3
<b>Rodamientos de rodillos cónicos</b>	<b>1.7~2.5</b>
Rodamientos de rodillos esféricos	2~2.5
Rodamientos axiales de bolas	1~1.5
Rodamientos axiales de rodillos	2~3

**Fuente:** (Rubio)

En el proyecto se utilizó los rodamientos rígidos de bolas y los rodamientos de rodillos cónicos, entonces se toma como referencia para el cálculo de la potencia los rodamientos de rodillos cónicos por tener mayor coeficiente de fricción.

$$\mu = 2.5 \cdot 10^{-3}$$

Como se puede observar el coeficiente de fricción es muy bajo, por este motivo y de acuerdo a personas e Ingenieros que han trabajado con rodamientos, es recomendable tomar un  $\mu = 0.1$ , debido a que los componentes como la cadena, eje motriz y conducido, están nuevos y presentan un poco de resistencia.

$$P = 1.17 \text{ HP} * 0.1$$

$$P = 0.117 \text{ HP}$$

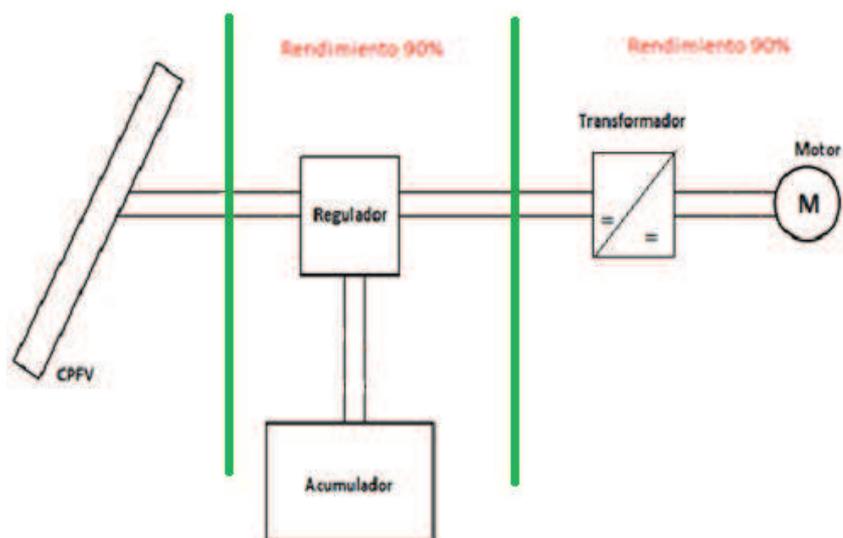
Si tomamos un factor de seguridad de 2, entonces necesitamos un motor de **P=0.234 HP**

## DISEÑO FOTOVOLTAICO

El diseño se lo hará tomando como referencia la Ciudad de Sangolquí, provincia de Pichincha. Además se escogerá un motor de ¼ HP que es igual a 186.5 W y es lo que se necesita para hacer funcionar el Go Kart durante 1 hora.

Energía total para tres horas diarias de funcionamiento:

$$E_{T(\text{teórica})} = (186.5 * 3\text{horas}) = 559.5 \frac{W h}{\text{día}}$$



**Figura 43** Rendimiento de los subsistemas

Entonces, tal como se indica en la fig. 4.10, se tiene que tomar en cuenta el rendimiento especificado.

$$\text{Energía total real: } E_T = \frac{ET(\text{teórica})}{\text{Eficiencia del sistema}} \quad (4.4)$$

$$E_T = \frac{559.5}{0.9 \cdot 0.9}$$

$$E_T = 691 \frac{W h}{\text{día}} = 0.691 \frac{Kw h}{\text{día}}$$

Potencia real (1 panel) = 96 W

Horas sol pico (HSP) = 4.8 (ESPE, 2014)

### Energía de un panel

$$E_{1\text{panel}} = \text{Potencia real} \cdot \text{HSP} \quad (4.5)$$

$$E_{1\text{panel}} = (96) \cdot (4.8) = 460.8 \frac{W h}{\text{día}}$$

### Número de paneles

$$N_p = \text{Energía total real} / \text{Energía de 1 panel} \quad (4.6)$$

$$N_p = \frac{691}{460.8} \approx 2 \text{ paneles}$$

### Corriente

$$\text{Irradiancia media} = 1000 \text{ W/m}^2 = 1 \frac{Kw}{\text{m}^2}$$

$$\beta = 0^\circ$$

$$G_{dm}(0^\circ) = 4.8 \frac{Kw h}{\text{m}^2 \text{ día}}$$

$$I_m = \frac{E_{\text{total real}}}{G_{dm}(\beta) \cdot VN} \cdot \text{Irradiancia mundial} \quad (4.7)$$

$$I_m = \frac{0.691}{4.8 \cdot 24} \cdot 1 \cdot (1000)$$

$$I_m = 6 \text{ A}$$

### Corriente necesaria

$$I_{m(\text{max})} = 1.2 \cdot I_m \quad (4.8)$$

$$I_{m \text{ (max)}} = 1.2 * (6) = 7.2 \text{ A}$$

### Número de paneles en paralelo

$$N_{pp} = I_{m \text{ (max)}} / I_{p \text{ max}} \quad (4.9)$$

$$N_{pp} = 7.2 / 4.23 \approx 2 \text{ paneles}$$

### Capacidad necesaria

$$C_{Nec} \text{ (Ah)} = \frac{E_{total \text{ real}} * Nd \text{ autonomía}}{VN} \quad (4.10)$$

$Nd = 3$  (Tomado del libro Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo, página 80)

$$C_{Nec} \text{ (Ah)} = \frac{691 * 3}{24}$$

$$C_{Nec} \text{ (Ah)} = 86.4 \text{ Ah}$$

### Capacidad nominal de las baterías

Profundidad de descarga

$$Pd \text{ max} = 70\%$$

$$C_{NOM} \text{ (Ah)} = (C_{Nec} / Pd \text{ max}) * 100 \quad (4.11)$$

$$C_{NOM} \text{ (Ah)} = \frac{86.4 * 100}{70}$$

$$C_{NOM} \text{ (Ah)} = 124 \text{ Ah}$$

### Regulador de corriente

$$I_{\text{max Reg}} = 1.2 * N_{pp} * I_{p \text{ max}} \quad (4.12)$$

$$I_{\text{max Reg}} = 1.2 * 2 * 4.23$$

$$I_{\text{max Reg}} = 10.15 \text{ A} \approx 10 \text{ A}$$

### TRANSFORMADOR VOLTAJE A 48V

Con un transformador de voltaje a 48V tenemos:

### Capacidad necesaria

$$C_{Nec} \text{ (Ah)} = \frac{E_{total \text{ real}} * Nd \text{ autonomía}}{VN}$$

$N_d = 3$  (Tomado del libro Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo, página 80)

$$C_{Nec} (Ah) = \frac{691 \cdot 3}{48}$$

$$C_{Nec} (Ah) = 43.2 \text{ Ah}$$

### Capacidad nominal de las baterías

Profundidad de descarga

$$P_d \text{ max} = 70\%$$

$$C_{NOM} (Ah) = (C_{Nec}/P_d \text{ max}) \cdot 100 \quad (4.11)$$

$$C_{NOM} (Ah) = \frac{43.2 \cdot 100}{70}$$

$$C_{NOM} (Ah) = 62 \text{ Ah}$$

### Regulador de corriente

$$I_{\text{max Reg}} = 1.2 \cdot N_{pp} \cdot I_{p \text{ max}} \quad (4.12)$$

$$I_{\text{max Reg}} = 1.2 \cdot 2 \cdot 4.23$$

$$I_{\text{max Reg}} = 10.15 \text{ A} \approx 10 \text{ A}$$

Cabe recalcar que el Go Kart posee un freno regenerativo el cual hará que la carga de las baterías sea más rápida, dependiendo del uso del mismo.

## **CAPÍTULO 5**

### **FABRICACIÓN DE LA PROTECCIÓN ANTIVUELCO, CHASIS, ESTRUCTURA DE SOPORTE DE PANELES SOLARES Y ESTRUCTURA ERGONÓMICA DEL ASIENTO DEL CONDUCTOR**

#### **5.1 FABRICACIÓN**

La fabricación del vehículo solar tipo Go Kart, se debe llevar a cabo en un taller mecánico que cuente con todas las máquinas y herramientas necesarias para fabricar todos los elementos que conforman dicho vehículo.

La construcción de los elementos que conforman el vehículo solar, se lleva a cabo siguiendo las indicaciones de los planos de taller.

Al momento de empezar la construcción, hay que verificar que todos los materiales necesarios para los elementos del vehículo solar tipo Go Kart, se puedan encontrar de manera fácil y rápida en el mercado nacional.

Para la fabricación de las partes y elementos que componen el Go Kart solar, es necesario contar con ciertas máquinas, herramientas, instrumentos de

medición, materia prima y elementos seleccionados que se detallan a continuación:

### **MÁQUINAS:**

- Cortadora de tol de 1.25 mm de espesor, y 3 metros de longitud
- Equipo SMAW
- Equipo MIG
- Torno, distancia entre puntos de 1.5 metros, volteo de 200 mm
- Amoladora
- Taladro
- Esmeril

### **MATERIA PRIMA:**

- 1 Tubo redondo de acero negro D=38.1 mm; e=2 mm; L=6 m
- ½ Tubo redondo de acero negro D=44.45 mm; e=2 mm; L=6 m
- 2 Tubos cuadrados de acero negro de 38.1 mm de ancho; e=2 mm; L= 6 m
- ½ Tubo cuadrado de acero negro de 25.4 mm de ancho; L=6 m
- ½ Tubo cuadrado de acero negro de 19.05 mm de ancho; L=6 m
- 1 Eje de acero AISI-1018 D= 25.4 mm; L=2 m
- ½ Platina de acero ASTM A 36 de 38.1 mm de ancho; e= 2 mm
- 1 Ángulo de acero ASTM A 36 de 25.4 mm de lado; e= 1.5 mm
- ½ Ángulo de acero ASTM A 36 de 38.1 mm de lado; e=4 mm
- 1 Cañería de cobre D=4 mm; L=3 m
- 1 Plancha de tol galvanizado 1220X2440X1.25 mm

### **ELEMENTOS SELECCIONADOS:**

- 4 Llantas 70/70/17
- 4 Aros de 17"

- Templador de cadena
- 2 Discos de para freno hidráulico D=220 mm
- 4 Piñones (Catalina) ANSI 25B17
- Piñón (Catalina) ANSI 25B51
- 2 Cadena de rodillos ANSI No. 25, paso  $\frac{1}{4}$ , L=1.35 m
- 1 Asiento para el conductor
- 3 Mangueras para freno hidráulico
- 1 Bomba para freno hidráulico
- 2 Mordazas para freno hidráulico
- 3 Distribuidores para freno hidráulico
- 1 Dirección de auto Skoda
- 2 Matrimonios de dirección
- 2 Chumaceras de pared de 25.4 mm
- 8 Rodamientos D= 25.4 mm
- 4 Amortiguadores
- 2 Focos (luz delantera)
- 2 Focos (luz freno)
- 4 Focos (luz direccionales)

### **5.1.1 FABRICACIÓN DE LAS PARTES**

Los elementos del Go Kart solar que se van a construir son:

- Protección antivuelco
- Chasis
- Estructura para soporte de paneles fotovoltaicos
- Ergonómica del asiento del conductor
- Eje de tracción
- Brazos para la amortiguación para las ruedas y amortiguación independiente

Para la construcción de todas las partes del Go Kart solar, es necesario conocer los procedimientos de fabricación, los cuales están detallados en las hojas de procesos que se usan para cada una de ellas. Véase anexo B.

### 5.1.2 MONTAJE

Para realizar el montaje del go kart solar, se construyeron adecuadamente todas las partes necesarias, tomando en cuenta las especificaciones establecidas en los planos de construcción.

La simbología que se usa para realizar los diagramas de procesos o cursogramas se muestra a continuación.

**Tabla 5**

#### Simbología usada en diagramas de procesos

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	OPERACIÓN
	INSPECCIÓN
	FIN DEL PROCESO

**Fuente:** (Salazar B. )

Una vez fabricadas todas las piezas, se debe seguir el diagrama de proceso para el montaje. Véase anexo C.

## **5.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

Las pruebas de campo se realizaron en ciertas calles de la ciudad de Sangolquí, provincia de Pichincha.

### **5.2.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS**

Aquí verificamos los siguientes aspectos:

- Control de dimensiones.
- Pruebas de funcionamiento en vacío.
- Pruebas de funcionamiento con carga.
- Carga de baterías

### **CONTROL DE DIMENSIONES**

Se deben realizar las mediciones necesarias en el go kart solar construido y compararlas con las dimensiones del go kar solar diseñado.

#### **PROCEDIMIENTO:**

- Medir el largo, el ancho y la altura de total del go kar construido.
- Comparar estas dimensiones con las dimensiones de la máquina diseñada.

Tabla 6

## Control de dimensiones principales

DIMENSIONES PRINCIPALES			
DIMENSIONES (mm)	Diseño	Go kart Construido	Aceptación
			SI NO
Largo Total			
Ancho Total			
Altura Total			

**Fuente:** Granda, Y; Go Kart solar; 2014

### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN VACÍO

Estas pruebas sirven para comprobar el correcto funcionamiento del go kart solar sin carga.

### PROCEDIMIENTO:

- Encender el go kart
- Verificar cada 10 minutos que todas las partes estén funcionando.
- Realizar las verificaciones durante una hora.

Tabla 7

## Verificación del funcionamiento en vacío

Tiempo (min)	Motor Eléctrico		Ruedas delanteras		Eje Motriz		Ruedas traseras (tracción)	
	Falla	No Falla	Falla	No Falla	Falla	No Falla	Falla	No Falla
10								
20								
30								
40								
50								
60								

**Fuente:** Granda, Y; Go Kart solar; 2014

**Elaboración:** Granda, Y; Go Kart solar; 2014

### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO CON CARGA

Esta prueba verifica la capacidad de desarrollo de velocidad del go kart, tomando como referencia un promedio de 50 km/hora (13.89m/seg).

#### PROCEDIMIENTO:

- Tomar posición el piloto.
- Encender el Go Kar.
- Empezar a rodar el vehículo hasta llegar a los 50 km/hora o más.

Tabla 8

## Verificación del funcionamiento con carga

Velocidad (km/hora)	Motor Eléctrico		Ruedas delanteras		Eje Motriz		Ruedas traseras (tracción)	
	Falla	No Falla	Falla	No Falla	Falla	No Falla	Falla	No Falla
10								
20								
30								
40								
50								

**Fuente:** Granda, Y; Go Kart solar; 2014

Los resultados de las pruebas de funcionamiento se encuentran en el anexo D.

### 5.3 MANTENIMIENTO

Para el mantenimiento del Go Kart, se tomará las partes que van a estar en movimiento, funcionamiento o que estén expuestas a desgaste. Estas partes son:

- Frenos
- Tracción
- Llantas
- Rodamientos
- Paneles fotovoltaicos

### **Mantenimiento de los frenos**

Es necesario principalmente verificar que el líquido de freno se encuentre siempre en el nivel indicado en la bomba, así evitaremos el peligro de que nuestro vehículo no frene en alguna ocasión que necesitemos frenar.

Las pastillas tenemos que cambiarlas cuando creamos conveniente al igual que los discos, ya que son partes que sufren desgaste pero no un desgaste rápido como para estar cambiando cada poco tiempo.

### **Mantenimiento de la tracción**

En la tracción están comprendidos piñones, catalina, cadena y eje de la tracción. Como es un carro encaminado a competencias, los piñones, catalina y cadena se deben cambiar siempre antes de la competencia para evitar contratiempos con este sistema. El eje de la tracción deberá reemplazarse o rectificarse cuando presente fisuras, pandeo o desgaste.

### **Mantenimiento de llantas**

Se tiene que verificar que las llantas presenten siempre la presión de aire óptima, capaz de soportar el peso del carro y del piloto. Si a una llanta se le baja la presión del aire, entonces debemos revisarla, si es el tubo que está roto se lo cambia. Una llanta se debe cambiar cuando se desgaste, presente una falla considerable o no cumpla con las especificaciones de la competencia.

### **Mantenimiento de rodamientos**

Los rodamientos que van en las llantas se recomienda cambiar antes de la competencia, esto debido a que son los que más trabajan y tienden a fallar.

Los rodamientos que van en el eje motriz se deben cambiar cuando presenten fallas o cuando parezca conveniente.

### **Mantenimiento de los paneles**

El mantenimiento consiste en limpiarlos cuando se pueda durante la competencia, así permanecerán limpios y podrán llevar más energía a las baterías. Además se debe revisar la conexión eléctrica cuando se crea necesario para verificar si está en buen funcionamiento.

Otra parte importante en el mantenimiento de un vehículo es la lubricación de las partes móviles. Este tipo de mantenimiento se tiene que hacerlo antes y después de la competencia, así se tendrá menor ruido de las partes en fricción y un buen funcionamiento de rodamientos. El Go Kart presenta puntos de lubricación en la dirección, eje de tracción y llantas, además los piñones, catalina y cadena deben lubricarse correctamente con grasa.

## **CAPÍTULO 6**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO**

Después de la elaboración del Go Kart solar se realizó una evaluación económica del proyecto para obtener información y determinar si su ejecución es viable y rentable.

Una evaluación económica requiere de un previo análisis del costo total del proyecto, para lo cual es indispensable mostrar detalladamente los costos que intervinieron para la culminación del proyecto ya sean estos directos o indirectos.

Antes de comenzar con el proyecto elaboramos un presupuesto teórico en el perfil de proyecto de grado, presupuesto correspondiente a los costos totales que involucra el diseñar y construir el Go Kart solar. Este presupuesto sirvió como base y referencia de cuánto dinero se necesitaría para alcanzar los objetivos propuestos. Después de concluida la construcción, se logró establecer los costos reales en los que se incurrió.

Para hacer el análisis económico y financiero de los costos reales, se consideró a los costos directos y a los costos indirectos del proyecto que se detallan a continuación.

## 6.1 COSTOS DIRECTOS

Los costos directos comprenden todo lo referente a la construcción del Go Kart solar, es decir: equipos, materiales y mano de obra directa para la construcción de los distintos componentes, así como el costo de diseño.

**Tabla 9**

### Costo de la mano de obra

No.	Descripción	No. Horas	\$ / Hora	TOTAL USD.
1	Maestro Metal Mecánico	120	8	960
1	Ayudantes Mecánicos	60	5	300
<b>TOTAL USD</b>				<b>1260</b>

**Fuente:** Taller metalmecánico

Tabla 10

## Costo del diseño

Nombre	CARGO	No. Horas	\$ / Hora	TOTAL USD.
Sr. Yandry Granda	Responsable del Proyecto	250	5	1200
<b>TOTAL</b>				1250

**Fuente:** Granda, Y; Go Kart solar; 2014

La siguiente tabla detalla los costos de la materia prima utilizada para la construcción del Go Kart solar.

Tabla 11

## Costo de los materiales

Tipo	Cant.	Descripción	Material	Valor Unit.	Valor Total
Tubo redondo	1	D=38.1mm; e=2mm	Acero negro	16	16
Tubo redondo	1/2	D=44.45mm; e=2mm	Acero negro	20	10
Tubo cuadrado	2	Ancho=38.1mm; e=2mm	Acero negro	14	28
Tubo cuadrado	1/2	Ancho=25.4mm; e=1.5mm	Acero negro	12	6
Tubo cuadrado	1/2	Ancho=19.05mm; e=1.5mm	Acero negro	10	5
Eje	1	D=25.4 mm	Transmisión	45	45

CONTINÚA 

Platina	1/2	38.1X2mm	Acero negro	8	4
Ángulo	1	25.4X1.5mm	Acero negro	14	14
Ángulo	1/2	38.1X4mm	Acero negro	28	14
Cañería	1	D=4mm	Cobre	9	9
Plancha	1	1220x2400x1.25mm	Tol galvanizado	30	30
Llantas	4	70X70X17	Caucho	25	100
Templador de cadena	1	--	Varios	8	8
Discos de freno	2	D=220mm	Acero inoxidable	7	14
Piñón 25B17	4	17 de dientes	Acero al carbono	10	40
Piñón 25B51	1	51 de dientes	Acero al carbono	22	22
Cadena de rodillos	2	No.25;Paso 1/4 ; L=1.35m	Varios	14	28
Asiento	1	Para el conductor	Varios	110	110
Manguera	3	Freno hidráulico	Varios	12	36
Bomba	1	Freno hidráulico	varios	20	20
Mordaza	2	Freno hidráulico	Varios	20	40
Distribuidor	3	Freno hidráulico	Acero inoxidable	7	21
Dirección hidráulica	1	Auto Skoda	Varios	140	140
Rodamiento	8	D=25.4mm	Varios	15	120
Matrimonio	2	Dirección	Varios	22	44
Chumacera	2	De pared; 25.4 mm	Varios	20	40
Amortiguador	4	Moto 125 cc	Varios	30	120
Focos	2	Luz delantera	Varios	12	24
Focos	2	Luz frenado	Varios	7	14
Focos	4	Luz direccionales y parqueo	Varios	7	28
Extras	--	--	--	--	80
<b>TOTAL</b>					<b>1230</b>

**Fuente:** Varios

Con los costos de mano de obra directa y materiales, se puede determinar los costos directos totales que a continuación serán mostrados.

**Tabla 12**

**Costos directos totales**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>TOTAL USD</b>
<b>Mano de obra</b>	1260
<b>Diseño</b>	1250
<b>Materiales</b>	1230
<b>TOTAL</b>	<b>3750</b>

**Fuente:** Granda, Y; Go Kart solar; 2014

## **6.2 COSTOS INDIRECTOS**

En lo que se refiere a costos indirectos se incluyen los gastos administrativos, financieros y cualquier gasto extra. La tabla siguiente detalla los gastos administrativos que fueron necesarios para realizar el diseño y la construcción de la máquina clasificadora de frutos.

Tabla 13

## Costos de adquisición de insumos

CANTIDAD	DESCRIPCION	V. Unitario	TOTAL
1	Casco protector para soldar	28	28
1	Mascarilla	8	8.
4	Pares de guantes de caucho	2	8
2	Gafas de seguridad	2.50	5
<b>TOTAL</b>			<b>49</b>

Fuente: KYWI

Tabla 14

## Varios

DESCRIPCION	TOTAL
Transporte	70
Impresiones	30
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Fuente:Varios

Los costos indirectos totales se consiguen de la sumatoria correspondiente de todos los valores.

**Tabla 15****Costos indirectos totales**

DESCRIPCION	TOTAL
Insumos	49
Varios	100
<b>TOTAL</b>	<b>149</b>

**Fuente:** Granda, Y; Go Kart solar; 2014

Entonces el costo total del proyecto es la suma de costos directos y costos indirectos.

**Tabla 16****Costo total del proyecto**

DESCRIPCION	TOTAL
Costos Directos	3750
Costos Indirectos	149
<b>TOTAL</b>	<b>3889</b>

**Fuente:** Granda, Y; Go Kart solar; 2014

**DEPRECIACIÓN**

La depreciación se la obtuvo teniendo en cuenta una vida útil de 5 años.

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Inversión Total}}{5 \text{ años}} = \frac{3889 \text{ USD}}{5 \text{ años}} = 777.8 \text{ USD/año}$$

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 CONCLUSIONES

1. El vehículo accionado por energía solar fotovoltaica de  $\frac{1}{4}$  HP de potencia está diseñado para una velocidad media de 45Km/hora.
2. La batería de 124 Ah necesita de 14 HSP aproximadamente para cargarse con los dos paneles fotovoltaicos.
3. Los resultados obtenidos en el diseño mecánico cumplen con los requerimientos y con las características mecánicas del material utilizado.
4. El rediseño de la amortiguación trasera permitió que tanto el eje de tracción como la amortiguación funcione de manera correcta evitando también la vibración y el ruido que presentaba el primer diseño que se hizo.
5. Mediante el análisis de costos se determinó que la reingeniería aplicada del Go Kart tiene un costo de 3769 USD. En materiales se invirtió 1110 USD correspondiente al 29,5 % del costo total. También 1409 USD en

mano de obra, extras y alquiler del equipo equivalentes a 37.5 %. y finalmente en tutoría y el costo de diseño 1250 USD equivalentes a 33%.

## 7.2 RECOMENDACIONES

1. Para diseñar y realizar vehículo de este tipo se recomienda elegir los materiales que cumplan con las características técnicas a las que va a funcionar y ser sometida para evitar la presencia de fallas en las partes y piezas que la conforman.
2. Si se desea aumentar la velocidad del vehículo, entonces es necesario una caja de velocidades manteniendo el mismo diseño fotovoltaico. Otra manera es de rediseñar la instalación fotovoltaica aumentando las capacidades de los elementos que la conforman.
3. Se debe cumplir con el mantenimiento del vehículo de forma correcta para garantizar su vida útil.
4. Cuando se proceda a hacer uso del vehículo, es necesario verificar que los pernos y tuercas existentes estén bien ajustadas para evitar la vibración, el desajuste y el desarmado de las partes y piezas.
5. Antes de hacer uso del vehículo, preguntar el funcionamiento del mismo a la persona que esté encargada y sepa la manera de operar el vehículo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

FUNDACIÓN PROYECTO SALESIANO. (2004). Prácticas de taller. Quito.

Industrial, E. d. (2006). Wiki EOI. Recuperado el 14 de Septiembre de 2014, de [http://www.eoi.es/wiki/index.php/Costes\\_directos\\_e\\_indirectos\\_en\\_Finanzas](http://www.eoi.es/wiki/index.php/Costes_directos_e_indirectos_en_Finanzas)

Italo. (14 de Junio de 2005). Wikipedia. Recuperado el 14 de Febrero de 2014, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico)

IZQUIERDO, Aparicio y otros. (2001). Teoría de los Vehículos Automóviles. Madrd.

Johan. (20 de Febrero de 2012). Recuperado el 15 de Septiembre de 2014, de <http://avtecrena.blogspot.com/2012/03/automovil-solar.html>

Kaprak. (2 de Febrero de 2008). Wikimedia. Recuperado el 10 de Septiembre de 2014, de [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corriente\\_continua.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corriente_continua.png)

Paco. (12 de Noviembre de 2003). Recuperado el 4 de Abril de 2014, de [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Corriente\\_continua&action=info](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Corriente_continua&action=info)

Rubio, H. (s.f.). Recuperado el 10 de Junio de 2014, de [http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-mecanico-1/material\\_clase/ocw\\_rodamientos6](http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-mecanico-1/material_clase/ocw_rodamientos6)

SAC, D. V. (4 de Febrero de 2010). Delta Volt energías renovables. Recuperado el 12 de Marzo de 2014, de <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/pvpaneles>

Salazar, B. (s.f.). Ingenieriaindustrialonline. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014, de <http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el->

ingeniero-industrial/ingenier%C3%ADa-de-metodos/t%C3%A9cnicas-de-registro-de-la-informaci%C3%B3n/

Salazar, G. (22 de Diciembre de 2008). Circuitos de corriente alterna. Recuperado el 12 de Abril de 2014, de <http://es.slideshare.net/gugaslide/corriente-alterna-presentation>

Shigley. (2008). Diseño en ingeniería mecánica. México: McGraw-Hill.

Budynas, R. G. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Mexico, D.F.: Mc Graw Hill.

Deutschman, A. D. (1987). Diseño de Máquinas, Teoría y Práctica. Mexico: Continental.

Arthur, E. G. (1998). Diseño de Mecanismos. México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México.

Ecuador, I. (2013). Normas Inen. Obtenido de <http://www.inen.gob.ec/>

Madrid, U. d. (2006). Costes directos e indirectos. Obtenido de [http://www.eoi.es/wiki/index.php/Costes\\_directos\\_e\\_indirectos\\_en\\_Finanzas](http://www.eoi.es/wiki/index.php/Costes_directos_e_indirectos_en_Finanzas)

Programa CAD

# **ANEXOS**